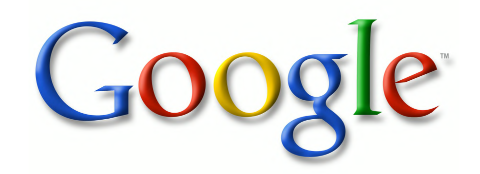


This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

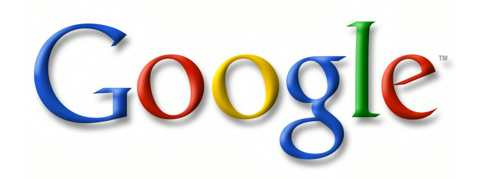
Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

3 3433 06272552 2



Bannerswil
3-VO

DICTIONNAIRE

DE

CHIMIE INDUSTRIELLE

TOME SECOND

Ire PARTIE

PARIS. — IMPRIMÉ CHEZ BONAVENTURE ET DUCESSOIS.
55, quai des Augustins.

DICTIONNAIRE

DE

CHIMIE INDUSTRIELLE

PAR MM.

BARRESWIL ET AIMÉ GIRARD

AVEC LA COLLABORATION

DE M. DE LUCA,

ET DE MM. AUBERGIER, BALARD (de l'Institut), BAYVET, H. BOUILHET, CICCONE, COLIN, DAVANNE, DECAUX, DUSART, DUBRUNFAUT, GANNAL, GIRARDIN (de l'Institut), E. KOPP, LEGRAND, MAUMENÉ, E. MENIER, MILLE, POGGIALE, POISAT, REYBIL, SAINTE-CLAIRE-DEVILLE (de l'Institut), ETC.

TOME SECOND

~~1re PARTIE~~



PARIS

DEZOBRY, Fd TANDOU ET Cie, LIBRAIRES-ÉDITEURS

78, RUE DES ÉCOLES

(PRÈS DU MUSÉE DE CLUNY ET DE LA SORBONNE)

1862

DICTIONNAIRE

DE

CHIMIE INDUSTRIELLE

COMBUSTIBLES

CHAPITRE I.—COMBUSTIBLES VÉGÉTAUX.

I.—DU BOIS ET DE SES PROPRIÉTÉS.

Les bois varient dans leurs essences et dans leurs propriétés physiques, par conséquent aussi dans leurs applications aux arts. C'est ainsi que l'orme sert au charronnage, le chêne aux constructions, le sapin à la mâture des navires, le châtaignier à la fabrication des cercles; mais nous ne devons ici considérer le bois que sous le rapport chimique et principalement en ce qui regarde le chauffage.

Le bois, quelle que soit son essence, n'est qu'une agrégation de fibres ligneuses rangées selon les lois de l'organisation végétale, et chaque fibre est un assemblage de cellules qui renferment des principes quelquefois azotés, d'autres fois résineux ou gommeux, tantôt féculents ou sucrés, tantôt colorants, tantôt acides ou alcalins, et toujours accompagnés de substances minérales qui sont la base des cendres.

La densité de la fibre ligneuse, déterminée avec beaucoup de soin par M. de Rumford, s'est trouvée identique dans tous les bois, la variation étant à peine de 1,46 à 1,53; mais l'assemblage de ces fibres laissant plus ou moins de vide entre elles, la densité des bois paraît, en général, moindre que celle de l'eau, depuis celle de peuplier qui pèse 0,38 jusqu'à celle du grenadier qui pèse 0,94.

M. Payen, en faisant digérer la fibre ligneuse dans des dissolutions alcalines faibles, puis successivement dans l'acide chlorhydrique affaibli, dans l'eau, et enfin dans l'alcool et dans l'éther,

a réduit le bois à l'état de cellulose, principe immédiat dont les éléments sont le carbone, l'hydrogène et l'oxygène.

La *cellulose* est en quelque sorte le squelette de la fibre végétale dont elle forme les 75 à 78 centièmes. Elle constitue la majeure partie du bois desséché à 100 degrés, et, par conséquent, c'est de ce produit que dérivent les propriétés chimiques du bois.

Les bois verts contiennent communément 40 pour 100 d'eau, dont ils perdent une quantité notable par leur exposition à l'air. En prolongeant beaucoup cette exposition ils en perdent plus encore; mais ils en conservent toujours du quart au cinquième de leur poids.

La quantité de cendres fournies par les bois varie avec l'espèce du bois, et aussi pour un même bois en raison de l'âge et de la nature du terrain où il s'est développé. (Voy. *Alcalis minéraux*, *Potasse*, ALC.)

Le bois de chauffage ordinaire contient tout au plus 2 à 3 pour 100 de cendres, 20 à 25 pour 100 d'eau libre, et 2 centièmes de matières combustibles solubles dans l'eau ou dans l'alcool. Par conséquent 100 de bois de chauffage contiennent 75 à 78 pour 100 de matières combustibles.

La fibre ligneuse est toujours identique quelle que soit sa provenance; c'est en moyenne 52 de carbone et 48 d'hydrogène et d'oxygène dans le rapport nécessaire pour former de l'eau. Sa combustion complète ne peut fournir que de l'eau et de l'acide carbonique.

Cent parties de bois sec ne présentent donc à la combustion que 52 parties de carbone exigeant 138 parties d'oxygène pour leur transformation complète en acide carbonique, combustion capable de fondre 4,888 parties de glace à 0°, ou d'élever de 0° à 100 degrés 3,666 parties d'eau. Ce calcul théorique se trouve confirmé par l'expérience.

Comme, selon Péclet, le gaz dégagé emporte avec lui les 3/4 de la chaleur produite, 1/4 seulement est dispersé par le rayonnement. Ce rapport de 3 à 1 ne doit s'entendre que du bois de chauffage ordinaire; car il est des bois qui donnent beaucoup de flamme et peu de braise; or la flamme n'a pas le pouvoir rayonnant de la braise.

La pesanteur spécifique d'un bois peut faire présager la densité du charbon qu'il donnera; il s'ensuit donc que la chaleur produite par un bois dans sa combustion peut être prévue par la pesanteur spécifique de ce bois.

Le chêne, le hêtre et le bouleau en grosses bûches pèsent 450 kilogrammes le mètre cube; le sapin en grosses bûches pèse 325, le tremble et le chêne de charbonnage 225. Ces nombres correspondent à des bois séchés à l'air. Notons qu'un bois vert peut perdre beaucoup d'eau sans perdre beaucoup de volume, et que l'âge, le sol et le climat apportent peu de changements aux résultats précités. Néanmoins, d'après des expériences faites en Amérique, M. Marcus Bull a obtenu pour le chêne franc 479 kilogr. par mètre cube.

A égalité de dessiccation et de volume, les bois les plus denses sont les meilleurs; la véritable valeur d'un bois à brûler, lorsqu'il est sec, peut donc s'estimer par son poids même. Un stère de grosses bûches pèse souvent le double d'un stère de menu bois de la même espèce. La mesure au poids est avantageuse pour les bois secs, et d'autant moins bonne pour les bois verts qu'ils contiennent une plus grande quantité d'eau.

En conséquence, les meilleurs bois à brûler sont les plus gros, les plus secs et les plus denses. Les plus mauvais sont les bois légers, mous et verts. Cependant les uns et les autres ont une composition identique, à leur densité et à leur humidité près.

Les bois denses et les bois légers ne conviennent pas à toute espèce de chauffage : les bois denses en brûlant donnent plus de chaleur rayonnante, parce que leur braise est plus abondante que celle des bois légers; ceux-ci donnent moins de chaleur rayonnante parce qu'ils donnent beaucoup de flammes et une braise peu dense et peu abondante, et qu'enfin le pouvoir rayonnant des charbons embrasés l'emporte de beaucoup sur celui des flammes.

Il faut donc exclure les bois légers des chauffages où le rayonnement est appelé à jouer le rôle principal, et il faut recourir à ces bois lorsqu'on veut chauffer à la flamme, c'est-à-dire porter à de hautes températures des objets éloignés du foyer et donner des températures uniformes à des masses considérables, comme dans les verreries, les fabriques de porcelaine, etc. Dans les fabriques de porcelaine, les bûches de bois léger sont même refendues pour accélérer leur combustion.

Les bois durs doivent être préférés dans les cheminées, parce qu'ils donnent lieu à un rayonnement considérable; dans les poêles et les calorifères, en raison de ce qu'ils durent plus longtemps.

Les essences de bois à brûler sont, en France, le bouleau, le

charme, l'orme, le châtaignier, le chêne, le hêtre, le pin, le sapin et le tremble. Le hêtre, le charme, l'orme et le chêne sont les plus recherchés pour le chauffage des cheminées.

On distingue dans le commerce des bois de chauffage le bois neuf, le bois flotté et le bois pelard; le bois neuf est celui qui a été transporté par la voie de terre ou par les bateaux; le bois flotté, celui qui a servi à faire des radeaux, et enfin le bois pelard, celui qui a été écorcé sur pied pour en vendre l'écorce aux tanneurs. Ce dernier bois, formé de jeunes branches de chêne, sert au chauffage des fours, etc., etc.

II.—DE LA TOURBE.

La tourbe est une agrégation de débris de plantes étouffées sous les eaux. C'est une matière brunâtre, légère, terne, spongieuse, dans laquelle on distingue un reste d'organisation végétale et à laquelle de la terre est venue se mêler.

La tourbe constitue des couches plus ou moins épaisses dans des terrains marécageux. Elle est quelquefois à nu, d'autres fois elle est couverte d'un lit de sable ou de terre végétale de quelques pieds d'épaisseur. La masse tourbeuse contient parfois elle-même de minces dépôts de limon, de sable ou de coquilles fluviatiles. Dans les montagnes, les tourbières sont souvent restreintes à 7 ou 10 mètres de diamètre, tandis que dans certaines contrées, telles que les Pays-Bas, elles présentent une énorme étendue. Leur épaisseur est souvent très-faible, cependant en Hollande elle atteint jusqu'à 10 mètres.

Lorsque la tourbière n'est pas inondée, on coupe la tourbe en briques au moyen d'une espèce de bêche appelée *louchet*. Ces briques d'assez fortes dismensions sont séchées au soleil.

La première couche, nommée *bouzin*, n'est pas à beaucoup près aussi estimée que la tourbe limonneuse qui se trouve au-dessous d'elle, et qui est formée de végétaux presque entièrement décomposés, au point d'être méconnaissables.

Si la tourbière est inondée, on exploite la tourbe au moyen d'une *drague*. La drague française est un seau en fer à bords coupants; la drague hollandaise est bien préférable : c'est un simple anneau de fer à bords tranchants, dans la paroi duquel sont percés des trous recevant les cordes principales du filet ou sac appelé *panse de la drague*. La tourbe, au sortir de la drague, est placée sur un sol faiblement incliné afin qu'elle puisse s'y res-

suyer. Les Hollandais lui font subir une préparation de plus : ils la pétrissent dans un baquet pour en extraire les parties les plus grossières avant de la mettre à ressuyer. Ce n'est qu'après avoir pris de la consistance qu'elle est moulée en briques. On peut même la piétiner avec des planches de 38 centimètres de longueur, portées en guise de semelles, et la frapper avec des battes pour hâter le moment où, suffisamment consistante, elle pourra être coupée en briques. Ces briques sont ensuite superposées à jour comme les mottes que l'on veut sécher.

Quand on essaye de comprimer la tourbe en bouillie pour la dessécher, elle passe par les trous destinés à l'émission de l'eau dont elle est gorgée. On a cependant réussi à opérer cette compression : la perméabilité du bois, relativement aux liquides, a permis de résoudre ce problème. Pour cela on comprime la tourbe dans des moules en fer très-épais, dont les parois sont percées de trous très-rapprochés, ayant 2 centimètres de diamètre et fermés par des bouchons coniques en bois de hêtre. On se sert comme moyen de compression d'une petite machine à vapeur. L'humidité transsude à travers les bouchons de hêtre, et on obtient ainsi des morceaux de tourbe de la consistance de la houille.

M. de Marsilly, ingénieur des mines, distingue quatre variétés de tourbe : la tourbe noire de première qualité; la tourbe mousseuse; la tourbe grise, compacte ou mousseuse, et la tourbe blanche : celle-ci contient beaucoup de terre.

La combustion a quelque peine à s'établir dans la tourbe, même façonnée en briques; mais lorsque celle-ci a pris feu, elle brûle tranquillement en donnant peu de flamme. L'odeur nauséabonde qui s'exhale de la tourbe en feu limite beaucoup son emploi : cependant avec un foyer bien fait on peut éviter cet inconvénient. C'est le combustible qui donne la température la plus égale; il n'a pas besoin d'être attisé comme la houille, et si sa flamme n'est pas aussi vive que celle du bois, d'un autre côté il donne à poids égal autant de chaleur que lui, et sa combustion produit un rayonnement plus considérable.

D'après le rapport de M. de Marsilly, la tourbe (abstraction faite de l'eau et des cendres) donne, par sa combustion, moitié moins de calories que les houilles grasses et demi-grasses. Un pouvoir calorifique de 3,500 calories est celui de la tourbe de première qualité employée dans l'industrie ou dans le chauffage domestique. Il n'y aurait donc avantage à l'em-

ployer dans les foyers des machines à vapeur qu'autant qu'elle coûterait, à poids égal, moitié moins que la houille.

Klaproth, en distillant la tourbe de Mansfeld, a trouvé que les produits de sa distillation sont, aux proportions près, les mêmes que ceux du bois.

Les cendres de la tourbe sont alcalines : elles doivent cette propriété, non à la potasse, mais à la chaux. On doit aussi attribuer l'abondance des cendres de la tourbe au limon des marais où elle a été puisée.

Ce combustible est précieux pour les classes pauvres, pour les manufacturiers et surtout pour les habitants des pays peu boisés.

Ses principaux gisements en Europe sont en Hollande, en Westphalie, dans le Hanovre, en Prusse, en Silésie, en Suède et en Écosse, pays où elle forme d'immenses dépôts. La France, moins bien pourvue sous ce rapport, possède néanmoins de grandes tourbières dans les vallées de la Somme, entre Amiens et Abbeville, dans celles du Pas-de-Calais, de l'Oise et de l'Aisne, et aussi dans les environs d'Essonne, département de Seine-et-Oise.

CHAPITRE II.—COMBUSTIBLES FOSSILES.

On range sous ce nom les lignites, la houille et l'anthracite : ce sont, en effet, les seuls fossiles employés habituellement comme combustibles.

Les combustibles fossiles, c'est-à-dire ceux que renferment les entrailles de la terre, existent rarement ensemble aux mêmes gisements : on trouve parfois de l'anthracite et du lignite dans la houille, on peut même en trouver qui se rapprochent plus ou moins de la houille, mais ce sont là des exceptions. La tourbe que nous avons déjà étudiée appartient aux terrains d'alluvion les plus modernes ; puis en descendant on trouve des lignites dans les terrains tertiaires ; plus bas encore, d'autres lignites se rencontrent dans les couches supérieures des terrains secondaires, mais les couches inférieures n'en offrent plus. Au-dessous des terrains secondaires se trouve, dans la couche supérieure du terrain de transition, le terrain houiller, et enfin l'anthracite dans le terrain devonien qui est placé immédiatement au-dessous de cette couche supérieure.

Le lignite, la houille, l'anthracite, dans leur état le plus parfait, sont faciles à distinguer l'un de l'autre, mais ils prennent tant d'états intermédiaires que l'on peut en quelque sorte passer de l'un à l'autre par les nuances les plus insensibles, soit dans leurs caractères extérieurs, soit en ce qui touche leur composition.

Les lignites se rapprochent plus que les autres fossiles du bois ordinaire, puis viennent les houilles, puis enfin l'anthracite qui se rapproche du carbone pur, en ce sens qu'elle ne contient pas de gaz.

M. Frémy fait reposer la classification des combustibles minéraux sur des caractères chimiques : en suivant cette pensée, il a réussi à les distinguer les uns des autres. La potasse, les hypochlorites alcalins, l'acide sulfurique et l'acide nitrique sont les seuls réactifs auxquels il ait recours pour lever ces difficultés.

Il n'est pas possible de confondre le tissu ligneux avec le *lignite xyloïde*, parce que ce dernier est soluble dans les hypochlorites alcalins et dans l'acide azotique, ce que ne fait pas la fibre ligneuse.

Le *lignite compacte* ne peut d'ailleurs se confondre avec le lignite xyloïde : effectivement le premier n'a plus trace d'organisation et si la potasse en dissolution se colore quelquefois en brun en réagissant sur lui, elle ne se charge cependant que d'une minime quantité d'acide ulmique, tandis que le lignite xyloïde abandonne à une dissolution de potasse, même étendue, une quantité considérable de ce même acide.

Parmi les lignites compactes il en est de noirs et de brillants comme la houille, dont il est difficile parfois de les distinguer; cependant ils ne peuvent se confondre avec elle, car ils se dissolvent complétement dans les hypochlorites alcalins, et l'acide nitrique les convertit rapidement en une résine jaune que dissolvent les alcalis et même un excès d'acide nitrique; les houilles ne possédant point ces caractères ne peuvent être confondues avec les *lignites compactes ;* elles ne peuvent pas l'être davantage avec des lignites quelconques, parce que les lignites, quels qu'ils soient, donnent de l'acide pyroligneux parmi les produits de leur distillation, tandis que les produits de la distillation de la houille contiennent de l'ammoniaque. Ainsi les uns rougissent la teinture de tournesol et les autres rétablissent dans sa couleur bleue la teinture rougie.

I. — HOUILLE OU CHARBON DE TERRE.

On peut rapporter ces combustibles à trois variétés : la houille sèche, la houille grasse et la houille compacte.

Houille sèche.—Sa cassure brille peu, sa couleur est le noir tirant au gris ou au brun, son inflammation est difficile, elle ne se fond ni ne se gonfle quand on la chauffe, sa flamme est bleuâtre, on serait tenté de la confondre avec les lignites piciformes. La nature ne la présente pas en grandes masses, on la trouve parfois dans la houille grasse.

Houille grasse. — Sa cassure a de l'éclat, sa couleur est le noir brillant quelquefois irisé. Plus légère, plus friable et plus aisément inflammable que la précédente, elle en diffère aussi par sa flamme fuligineuse, longue et blanche, sa fusion pâteuse et le gonflement qu'elle éprouve en brûlant. Elle se trouve dans les psammites et les schistes qui constituent les terrains houillers proprement dits, jamais dans le calcaire.

Houille compacte.—Cette houille, plus rare que les précédentes, se trouve dans le Lancashire; c'est le *cannel-coal* des Anglais (charbon chandelle), lignite candélaire de Brongniart ou plutôt houille candélaire. C'est à sa longue flamme qu'elle doit ces noms. Sa texture est compacte. Elle est d'un beau noir quand elle est polie et taillée, aussi en fait-on des vases et des ornements. Facile à allumer, brûlant en se boursouflant beaucoup et en émettant abondamment de l'hydrogène carboné, elle ne peut être confondue avec aucun lignite : il n'est pas de lignite qui se gonfle en brûlant. Elle est employée à la fabrication du gaz de l'éclairage.

Les houilles ne fournissent pas moins de 48 pour 100 de gaz ni plus de 90 pour 100. Elles ne sont fusibles qu'autant qu'elles contiennent au moins 2 pour 100 d'hydrogène; il est à remarquer qu'elles le sont d'autant plus que l'hydrogène est en plus grand excès relativement à leur oxygène. C'est ce qui résulte des nombreuses expériences de M. Karsten, qui établit à cet égard les règles suivantes :

1° Une houille est très-fusible et son coke très-boursouflé, lorsqu'elle contient au moins 3 pour 100 d'hydrogène et au plus la quantité d'oxygène nécessaire pour convertir en eau la moitié de son hydrogène;

2° Dans les houilles peu fusibles, par conséquent à coke fritté,

la dose d'hydrogène est assez variable, mais si elle dépasse 1,5 pour 100, la quantité d'oxygène doit être telle qu'elle puisse transformer en eau au moins les deux tiers de son hydrogène;

3° Enfin, lorsque l'hydrogène et l'oxygène sont dans les houilles à peu près dans le rapport qui constitue l'eau, les houilles sont à peu près infusibles.

En conséquence, on distingue les houilles comme il suit :

1° Houille à coke boursouflé; 2° houille à coke fritté; 3° houille à coke pulvérulent.

Ce serait une erreur de croire que les houilles se boursouflent d'autant moins qu'elles contiennent plus de carbone; il est des houilles à coke pulvérulent qui ne donnent que 50 pour 100 de coke, tandis que telle autre à coke très-boursouflé en donne jusqu'à 80 pour cent.

Les houilles à coke boursouflé et surtout le *cannel-coal* conviennent pour l'éclairage au gaz. Quant au chauffage, il faut distinguer plusieurs cas. S'agit-il de souder le fer, les meilleures seront celles qui donneront peu de flamme, un feu soutenu et qui se ramolliront assez à la chauffe pour former une voûte au-dessus des pièces métalliques dont on élève au rouge la température. Faut-il au contraire un feu de flamme; celles à coke très-boursouflé conviendraient si elles n'avaient, en se fondant, l'inconvénient de boucher les issues de la grille. Les houilles à coke pulvérulent ne conviennent pas non plus, une bonne portion de ce coke tombant dans le cendrier avant d'avoir été brûlé; le feu de flamme sera donc produit plus convenablement par un mélange *ad hoc* de ces deux espèces de houilles. Par ce motif, les houilles à coke fritté sont celles qui conviennent le mieux à ce genre de chauffage.

On range les houilles dans l'ordre suivant, relativement à la quantité de chaleur qu'elles peuvent donner en brûlant: 1° houille à coke boursouflé très-hydrogénée; 2° houille à coke boursouflé très-carbonée; 3° houille à coke fritté très-riche en carbone; 4° houille à coke pulvérulent très-riche en carbone; 5° houille à coke fritté, pauvre en carbone; 6° houille à coke pulvérulent, pauvre en carbone.

Une houille de qualité moyenne doit porter, par sa combustion, environ 60 fois son poids d'eau, de 0 à 100 degrés.

Les houilles à coke fritté et surtout les houilles à coke pulvérulent sont quelquefois difficiles à embraser; il faut, dans ce cas, ne les introduire dans le foyer que lorsqu'il est déjà mis en

grande activité, soit par des houilles aisément inflammables, soit par d'autres combustibles : il en est même que l'on ne peut employer qu'en les mêlant à des houilles grasses.

Lorsque l'on brûle les houilles en grandes masses elles laissent un résidu de 10 à 20 pour 100. Ce résidu se compose de silice, d'alumine et de magnésie, d'oxyde de fer, d'oxyde de manganèse et de sulfate de chaux, le tout en quantités variables. C'est à peu près la composition de ce que l'on nomme en termes de forge le *laitier*, et voilà pourquoi ces cendres se présentent toujours sous la forme de *mâchefer*, espèces de scories à demifondues.

La densité de la houille variant de 1,16 à 1,40, il peut en résulter de notables différences de poids pour un même volume de houilles diverses ; mais les interstices variables qui se produisent entre leurs morceaux dans la mesure déterminent aussi des différences de poids très-appréciables.

Le poids de l'hectolitre de différentes houilles de France, mesuré ras, est le suivant :

88 kilogrammes		pour celui de la houille fournie par la mine de la Sarthe.
87	—	pour celui de la houille d'Auvergne et de Blanzy.
86	—	pour celui de la houille de Combelles.
85	—	pour celui de la houille de la Taupe.
84	—	pour celui de la houille de Saint-Étienne.
83	—	pour celui de la houille de Decize.
79	—	pour celui de la houille du Creusot (Dumas).

Le poids de l'hectolitre de houille, *mesuré comble*, est d'environ 100 kilogrammes. La voie de houille est de 15 hectolitres mesurés ras et de 12 hectolitres mesurés comble.

La houille est très-faiblement hygrométique, son humidité propre s'élève au plus à 2 ou 3 pour 100. Cette évaluation, d'après un travail récent de M. de Marsilly, est même exagérée.

L'Angleterre et l'Écosse tiennent le premier rang par l'importance de leurs exploitations de houille ; celles de Belgique occupent le deuxième rang, et celles de France le troisième. Le reste de l'Europe ne fournit comparativement que des quantités minimes de ce combustible.

II.—LIGNITES.

On appelle ainsi des combustibles fossiles dont la couleur varie du brun au noir. Les *bruns* ont tantôt une texture ligneuse incontestable, et tantôt ils affectent une forme terreuse ou pulvéru-

lente. Les *noirs* présentent aussi tantôt une structure ligneuse décidée, et tantôt une cassure résineuse ou conchoïde qui n'a rien de ligneux.

Les lignites, comme les tourbes, fournissent de l'acide pyroligneux parmi les produits de leur distillation, et les uns et les autres se dissolvent dans la potasse. Ces deux caractères n'appartiennent jamais à la fois aux houilles et aux anthracites.

Le charbon que la distillation extrait des lignites affecte tantôt la forme du lignite, tantôt l'état pulvérulent.

Lignites ternes.—Leur texture végétale est parfois si nette que l'on peut dire avec certitude quel végétal les a fournis. D'autrefois la décomposition est si complète qu'on n'y rencontre aucune fibre : telle est la terre d'ombre ou de Cologne. Ils ont parfois une structure schisteuse et possèdent alors quelque lustre ; les pyrites accompagnent ceux-ci fréquemment et les rendent propres à la fabrication de l'alun. Ceux qui sont exempts ou presque exempts de pyrites, servent comme combustibles à la cuisson de la chaux, des poteries, etc., etc.

Les gisements de ces variétés de lignites sont en France dans le département de l'Aisne, dans le département de la Somme, à Montdidier, dans le département des Ardennes, à Ruelle, et dans le département de Vaucluse, à Piolenc.

Lignites piciformes. — De structure massive et parfois un peu schistoïdes, ils ont la couleur et l'éclat de la houille ; ils affectent l'apparence de la résine ou de la poix. La chaleur ne les boursoufle pas et ils se charbonnent sans changer de forme : les houilles bien caractérisées font précisément le contraire.

Ces lignites piciformes se trouvent la plupart du temps en bancs d'une grande puissance qui se laissent aisément exploiter. Il en existe auprès de Ruelle, dans les Ardennes, et en Provence (près d'Aix, de Vaucluse, de Marseille et de Toulon). On en trouve encore en Suisse (aux environs de Lausanne et de Vevey); on en rencontre aussi dans la Hesse.

Ces variétés peuvent remplacer la houille pour tous les usages, sauf ceux pour lesquels on ne peut se passer de houille grasse.

Le jayet appartient aux lignites piciformes. On le façonne en poires, en grains de différentes dimensions, et l'on en compose des ajustements de deuil (pendants d'oreilles, colliers, bracelets).

Ce minéral ne forme point de dépôts particuliers. On le rencontre dans les bancs de lignites piciformes, tantôt sous forme de

nodules, tantôt en lits interrompus, et plus rarement dans les lignites ternes ou fibreux.

III.—ANTHRACITE.

L'anthracite (*houille incombustible des mineurs*) est le plus difficile à brûler des combustibles minéraux ; il pèse 1,8. C'est à quelques centièmes près du carbone pur. La silice, l'oxyde de fer, l'alumine s'y trouvent, en somme, depuis 2,75 jusqu'à 12 pour 100. Il ne contient point de gaz, c'est pourquoi il brûle sans flamme ni fumée. Alors même qu'il est incandescent, il s'éteint sous un courant d'air trop rapide. Cette difficulté de brûler, jointe à sa décrépitation, l'a fait jusqu'ici proscrire comme moyen de chauffage domestique : on assure néanmoins qu'aux États-Unis, par une disposition particulière du foyer, on a réussi à l'utiliser. On y parvient en agissant sur une masse assez forte qui a été chauffée avant d'arriver au foyer. En France, on a réussi à le brûler en l'incorporant à une houille grasse.

CHAPITRE III.—CHARBONS.

I.—PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES CHARBONS.

L'on désigne sous le nom de *charbon* le résidu de la calcination d'une matière organique non volatile. On peut, il est vrai, obtenir du charbon en chauffant au rouge des vapeurs organiques, mais ce procédé scientifique n'a reçu jusqu'ici aucune application dans les arts. Le charbon provenant d'une matière organique parfaitement pure, après une calcination suffisamment énergique opérée en vase clos, ne diffère pas du carbone pur : tel est celui du sucre purifié par un nombre suffisant de cristallisations.

Le carbone brûle sans laisser de résidu, l'acte de la combustion le transformant en entier en gaz acide carbonique ou en gaz oxyde de carbone. Les charbons en brûlant donnent aussi naissance à ces deux gaz, mais ils laissent communément un résidu de combustion (*les cendres*), et ils engendrent, en même temps que les gaz carbonés que l'on vient de citer, une certaine quantité d'eau, quelquefois même de l'ammoniaque, en raison des substances azotées contenues dans les matériaux qui les ont fournis et dont ils ont retenu une partie des éléments.

Les charbons sont mauvais conducteurs de la chaleur et de l'électricité, à moins qu'ils n'aient été fortement calcinés. Chauffés en vase clos ils perdent des produits gazeux.

Les charbons sont hygrométriques. Ils sont décolorants et jouissent de propriétés absorbantes relativement aux gaz, aussi servent-ils à désinfecter, à décolorer et même à déféquer. Les charbons végétaux sont les plus absorbants et par suite les meilleurs désinfectants; les charbons animaux sont les plus décolorants et les meilleurs déféquants. C'est pourquoi le charbon de bois sert à clarifier les eaux infectes, celles même des égoûts (Stenhouse), et le charbon animal (noir d'os) à déféquer le sucre de betterave et à raffiner les sucres.

Les charbons diffèrent aussi sous le rapport de leur facile ou difficile combustion : on sait que celui obtenu par la combustion étouffée du linge s'enflamme par le choc du briquet sur le silex. Les charbons végétaux brûlent mieux, en général, que les charbons animaux; on peut mesurer leur pouvoir calorique en cherchant la quantité d'eau qu'un kilogramme de charbon peut porter de 0 à 100 degrés. 1 kilogr. de charbon de bois porte de 0 à 100 degrés 75 kilogr. d'eau; 1 kilogr. de coke, donnant 15 pour 100 de cendres, n'en porte que 66 kilogr.; 1 kilogr. de charbon de tourbe, donnant 20 pour 100 de cendres, n'en porte que 63 kilogr.

II.—CHARBON DE BOIS.

Le chêne, le châtaignier, le frêne, le charme, le hêtre, l'érable, l'orme, le pin, le sapin, le mélèze, l'aune, le bouleau, le tremble, le tilleul, le peuplier, le saule, sont employés à la fabrication du charbon.

Séché à l'air, le bois est composé sur 100 parties de :

Carbone	38,48
Eau combinée	35,42
Eau libre	25,00
Cendres	1,10

Si donc on pouvait séparer l'eau du bois, l'on aurait environ 40 pour 100 de charbon, tandis que dans la pratique on n'obtient d'ordinaire que 15 à 17 pour 100 de charbon, et pas plus de 27 à 28 pour 100 par les procédés les plus perfectionnés.

Il y a effectivement dans la distillation du bois (et toute carbonisation du bois entraîne une distillation partielle) une cause de déperdition du carbone : 1° dans le dégagement des gaz oxyde de carbone et acide carbonique; 2° dans les carbures d'hydrogène

liquides ou gazeux qui se produisent; 3° dans la formation de l'acide acétique du bois, et 4° dans l'alcool de bois qu'engendre cette distillation. Ce sont les corps oxygénés qui se forment les premiers.

L'action de l'eau sur les charbons ardents transforme ceux-ci en oxyde de carbone et en acide carbonique, et, par suite, il est évident qu'il faut enlever au bois le plus d'eau possible avant qu'il ait atteint la température rouge. Aussi observe-t-on dans une distillation brusque une perte en charbon qui s'élève à la moitié de celui que l'on peut obtenir par une distillation lente : la distillation rapide du bois de charme donne effectivement 13,3 pour 100 de charbon et sa calcination lente 26,1. Il en est de même des autres essences.

La quantité de charbon que l'on peut obtenir de nos différentes essences de bois est à peu près la même, toutes choses égales d'ailleurs. C'est ce qui résulte des expériences de M. Karsten. Les petites différences qu'on y observe peuvent s'expliquer par la difficulté qu'on éprouve à conduire toujours le feu de la même manière.

Dans les essais de Karsten, le poids du charbon obtenu de 100 parties de bois, par sa carbonisation rapide, varie depuis 11,90 (produit du vieux bois de bouleau) jusqu'à 16,39 (produit du jeune chêne). Dans la carbonisation lente, le poids du charbon ne varie qu'entre 24,20 que donne le bois de tilleul et 27,50 donné par le jeune pin ; et comme la rentrée de l'air dans les vaisseaux a plus d'influence sur peu de matière que sur de grandes quantités, ces différences s'affaiblissent lorsqu'on opère en grand.

Le plus certain des procédés, pour arriver au maximum de charbon que le bois puisse rendre, est sans contredit la distillation en vase clos, soit dans des cornues de fonte, soit dans des vases rectangulaires en tôle où 100 parties de bois desséché, par une exposition d'une année à l'air, rendent 28 à 30 d'un charbon excellent, en consumant 12,5 de bois à chauffer le fourneau.

Dans les forêts on agit autrement : on y forme ce que l'on appelle une *meule*, espèce de cône tronqué dont la grande base repose sur le sol. A cet effet, on dresse verticalement une bûche au centre de la base. Cette bûche porte à sa partie supérieure quatre entailles qui permettent d'y adapter quatre autres bûches, formant quatre angles droits situés dans un même plan horizontal. Dans chacun de ces angles on appuie une bûche légèrement inclinée, puis on forme le *plancher* avec de gros rondins rayon-

nant vers le centre, et dont on remplit les interstices avec de petites bûches ; et afin que ce plancher ne bouge pas, on plante des chevilles à sa circonférence en les espaçant de 33 centimètres



Fig. 305.—Carbonisation en meules.

en 33 centimètres : c'est en quelque sorte la grille par laquelle afflue l'air nécessaire à la combustion. On dispose ensuite sur le plancher les autres bûches, en les appuyant les unes sur les autres, en commençant contre les premières dressées. Lorsque la largeur du cône ne permet plus d'atteindre aisément au milieu du tas, on dresse un pieu au centre de la petite base du cône tronqué, et l'on procède à l'érection du second étage comme on avait procédé à celle du premier. C'est alors qu'on achève le premier étage et que l'on conduit ensuite le second jusqu'au bord du premier. La meule atteint ainsi la hauteur de deux bûches sur un diamètre de 5 mètres.

Quelquefois la meule n'a qu'un étage, mais en Suède elle en a jusqu'à quatre ou six ; dans les très-hautes meules la dernière rangée est horizontale.

Lorsque la meule est montée, on garnit sa surface de petit bois, puis d'herbes et de terre, mais on laisse à découvert, pour l'aérer, quelques trous correspondant aux bûches de la base. Parfois on emploie pour la couvrir des plaques de gazon de 11 à 16 centimètres d'épaisseur. Cette couverture doit être plus épaisse vers le sommet, et, d'autant plus que la meule est plus haute, afin qu'elle résiste mieux à l'effort du tirage.

L'on y met le feu au point du jour, au moyen de brindilles sèches entassées autour du pieu central. Cette disposition est préférable à celle qui résulte de l'enlèvement de ce pieu, parce que cette soustraction peut déterminer dans la meule ou trop d'affaissement ou un tirage dont il est difficile de se rendre maître. C'est

pourtant la faute que l'on commet ordinairement : on remplit alors le vide laissé par le pieu enlevé au moyen de bois sec et de tisons enflammés, et, lorsque la flamme sort par la cheminée, on couvre celle-ci d'un morceau de gazon qui pourtant laisse encore une ouverture pour le passage de la fumée.

A partir de ce moment il faut être attentif à recouvrir de terre ou de plaques de gazon les crevasses qui surviennent dans la *chemise*. Il faut aussi pratiquer quelques trous ou évents aux endroits où la combustion est trop faible et donner une issue à la fumée, s'il est besoin, tandis qu'à la fin de l'opération on réduit successivement les bouches d'air qu'on avait pratiquées à la base du fourneau.

La carbonisation marche bien lorsque la fumée s'exhale avec lenteur de tous les points du fourneau autres que la cheminée.

Le *grand feu* apparaît quand la chemise entière est lumineuse dans l'obscurité. Cela indique que l'opération touche à sa fin et qu'il faut étouffer le feu en couvrant la meule d'une épaisse couche de terre. Quelques heures après, on rafraîchit, c'est-à-dire qu'on remplace par de la terre nouvelle la terre et le frasin dont le fourneau est couvert. On doit renouveler cette opération jusqu'à ce que toute communication avec l'air extérieur ait été interceptée.

On peut tirer le charbon des petites meules dès le quatrième jour ; si le bois était sec et léger, ce temps peut être réduit à deux jours et demi. Mais pour les grandes meules et selon leurs masses il faut attendre de quinze à trente jours.

Si l'on compare les résultats que donne ce procédé à celui fourni par la distillation du bois, on arrive aux résultats suivants :

DISTILLATION.		PETITES MEULES.	
Bois en distillation	100	Bois en partie distillé et en partie brûlé	112,5
Bois brûlé	12,5	Charbon disparu	28
Charbon disparu ou converti en goudron, etc.	17	Charbon obtenu	17
Charbon obtenu	28		

Le procédé de la distillation offre donc un avantage de 11 pour 100 en charbon sur le second, mais les appareils qu'il exige sont trop coûteux pour qu'il y ait bénéfice à cette plus-value de charbon. C'est donc à recueillir les produits évaporables des meules qu'il faut s'attacher, afin de réunir l'économie à une plus grande production de charbon.

La distillation en vase clos est employée à la préparation du vinaigre de bois, des acétates de plomb, de cuivre, etc., à l'obten-

tion de l'esprit de bois. (Voy. *Acides végétaux.* Chap. I, *Acide acétique*, ACI.)

Un bon charbon de bois doit être léger, cassant et sonore.

III.—CHARBON DE TOURBE.

Le charbon de tourbe n'a pas les inconvénients qu'on reproche à la matière qui le fournit, et il est pour la forge d'un emploi très-avantageux.

La tourbe de Vesle a fourni à M. Blavier des charbons avec lesquels on a pu souder des barres de fer très-volumineuses. Ces charbons ont été employés avec succès dans les fourneaux d'essai ou de fusion, sans être obligé de prendre d'autre précaution que celle d'augmenter les jours des grilles, afin qu'ils pussent livrer passage aux cendres ; ils étaient donc comparables aux meilleurs charbons de bois. On pourrait les brûler dans les appartements à la manière du coke. Ce charbon de tourbe, plus dense que le charbon de bois, produit à égalité de volume une plus grande chaleur. Il laisse 15 à 16 pour 100 de cendres ; mais comme il y a des tourbes dont les cendres s'élèvent à la moitié de leur poids, il ne faut employer à la carbonisation que celles dont les cendres ne font que la septième ou la huitième partie de leur poids.

Le procédé des meules ne convient pas à la carbonisation de la tourbe, parce que le tassement considérable qu'elle éprouve alors multiplie tellement les crevasses de l'enveloppe (la chemise) que l'air afflue surabondamment et en brûle beaucoup en pure perte. C'est donc à la distillation qu'il faut recourir pour charbonner la tourbe.

IV.—COKE (CHARBON DE HOUILLE).

Nous avons dit que le poids de ce charbon, fourni par une quantité donnée de houille, varie de 48 pour 100 au moins à 90 pour 100 au plus : c'est en moyenne 69 pour 100.

Les cokes sont pulvérulents, frittés ou boursouflés : les deux premières espèces occupent moins de volume que les houilles dont elles proviennent. Le coke pulvérulent et le coke fritté sont sans reflet métallique, plus ou moins friables, très-denses et prennent feu difficilement. Le coke boursouflé est gris, à reflet d'acier, plus léger que la houille et que les autres variétés de coke ; il s'allume sans grande difficulté et brûle aisément et complétement s'il est en grandes masses. Sa combustion a lieu sans

flamme ni fumée, et même sans odeur, s'il a été préparé dans des conditions convenables, ce qui permet de l'employer avec le plus grand succès aux travaux des hauts fourneaux et généralement à la fusion des minerais métalliques, et comme il est d'ailleurs, entre tous les combustibles, celui dont l'incandescence produit le plus de chaleur rayonnante, on conçoit combien il est éminemment propre au chauffage à foyer ouvert. C'est par ces qualités qu'il est souvent préférable à la houille : il serait même supérieur au charbon de bois s'il brûlait aussi facilement que lui.

Le coke parfaitement sec ne prend à une atmosphère saturée d'humidité que 1 à 2,5 pour 100. Immergé dans l'eau, il en absorbe jusqu'à 51 pour 100 de son poids. Le coke du commerce contient 2 à 3 pour 100 d'eau; il a un pouvoir calorifique moindre que celui des houilles grasses et demi-grasses.

Trois méthodes peuvent être employées pour transformer la houille en coke; la première, qui fournit un coke fritté d'une faible densité, est corrélative de la fabrication du gaz pour l'éclairage; elle consiste à soumettre à la distillation, dans des cornues horizontales de terre ou de fonte, des houilles grasses qui, sous l'influence de la chaleur, se dédoublent, d'une part, en produits volatils (gaz éclairants, goudrons, huiles, sels ammoniacaux, etc.) que l'on recueille avec soin, et en coke qui, la décomposition finie, se retrouve dans les cornues. Cette fabrication qui ne doit point nous occuper ici (Voy. *Éclairage par les gaz*, ÉCL), fournit un combustible de bonne qualité, il est vrai, mais que sa faible densité, son défaut d'agglomération rendent peu propre aux usages métallurgiques et au chauffage des locomotives; aussi ce combustible est-il exclusivement réservé à l'économie domestique ou au chauffage des petits foyers.

Les deux autres méthodes, pour lesquelles le coke est le véritable but de la fabrication, tandis qu'en réalité le gaz de l'éclairage est celui de la première, fournissent un combustible d'aspect tout différent. Le coke ainsi obtenu, et désigné sous le nom de *coke de suffocation*, est dense, aggloméré, d'une dureté considérable, et se présente sous la forme de morceaux prismatiques allongés. On l'obtient en substituant à la distillation rapide que nécessite la fabrication du gaz de l'éclairage, une marche plus lente et plus régulière; celle-ci d'ailleurs est toujours appliquée à des masses considérables qui, se comprimant elles-mêmes dans ces circonstances, subissent une sorte de ramollissement suffisant pour souder leurs molécules.

La fabrication du coke de suffocation peut être conduite soit dans des meules, soit dans des fours; les premières ont été longtemps seules employées, mais elles ne sont plus guère usitées aujourd'hui que dans des cas de nécessité absolue, comme celui d'une fabrication rapide et inattendue, tandis que la construction de fours à coke par les établissements métallurgiques et les administrations de chemin de fer prend chaque jour, tant en France qu'à l'étranger, une plus grande extension. Nous décrirons successivement ces deux méthodes. Toutes deux d'ailleurs donnent un rendement supérieur à celui de la distillation rapide dans les cornues à gaz. L'excès de coke obtenu peut s'élever de 6 à 15 pour 100.

Carbonisation en meule. — La houille est réduite en morceaux d'un décimètre cube : on range ceux-ci sur un plan horizontal de façon à former un tertre conique. La hauteur de ce cône est de 70 à 75 centimètres et son diamètre de 4 à 5 mètres. On recouvre le tout de paille et de terre franche humectée, de façon que la terre ne pénètre pas dans les interstices de la houille. On peut substituer à la paille des herbes et des feuilles sèches, mais non pas des plaques de gazon. On peut encore recouvrir la meule depuis la base jusqu'à environ 33 centimètres du sol avec de petits morceaux de houille crue, puis répandre sur tout le reste de très-menus déchets de coke : il n'est pas alors besoin de ménager des évents à la circonférence de la base. Ensuite, au moyen de charbons allumés, on met le feu à la charbonnière par une ouverture de 16 à 22 centimètres de profondeur que l'on a ménagée dans ce but. Au bout de quatre jours de feu on obtient en coke 40 pour 100 de la houille employée. C'est en l'arrosant d'eau que l'on éteint le coke à mesure qu'on le retire.

D'autres fois la meule est un prisme de 3 mètres à la base et d'environ 20 à 40 mètres de longueur. Les gros morceaux sont placés au milieu et les autres aux bords, l'élévation de la meule est d'un mètre au plus. On l'allume par le haut et par plusieurs endroits à la fois. Ce procédé ne convient pas pour les houilles sèches.

M. Wilkinson, célèbre métallurgiste anglais, place au centre de la meule une cheminée en briques, trouée à sa base, ce qui permet d'employer le premier procédé indiqué ci-dessus, les houilles fussent-elles un peu sèches. Cette cheminée, d'un mètre de hauteur, a un diamètre intérieur d'un mètre à sa base et de 60 centimètres à son sommet. C'est sur un cercle dont la circon-

férence est à 2 mètres de la base de la cheminée que se place la houille. Par ce procédé elle est carbonisée en vingt-quatre heures et elle donne 50 pour 100 de coke.

L'on dépense pour allumer les meules un dixième de la houille qui les compose. Cependant cette dépense peut être réduite à un quarantième dans les meules coniques. Celles-ci doivent alors avoir 1 mètre 16 centimètres de hauteur, 4 mètres de diamètre à la base et 2 mètres 33 centimètres au sommet. 7,500 kilogrammes de houille occupent 75 bennes; c'est la contenance d'une meule conique.

Carbonisation dans les fours.—Les fours à coke, dont les formes sont très-variées, qui quelquefois ont de très-vastes dimensions, mais le plus souvent ne mesurent que quelques mètres cubes, qui tantôt sont arrondis et tantôt rectangulaires, peuvent être essentiellement rangés en deux classes bien distinctes : la première comprend ceux à sole non chauffée; la seconde, ceux à sole chauffée. Dans le premier cas, la houille convenablement préparée est projetée dans le four, dont les parois se trouvent portées au rouge par une opération précédente; là elle s'échauffe, distille et se carbonise, tandis que les gaz et les goudrons, refoulés au dehors, passent dans une cheminée traînante, pour se diriger ensuite dans la cheminée d'appel de l'usine; dans le second cas, au contraire, ces gaz sont avalés par des ouvertures latérales placées dans la paroi verticale du four et conduits dans des carneaux placés sous la sole, où ils ne tardent pas à s'enflammer au contact d'un courant d'air soigneusement ménagé de l'extérieur à l'intérieur. Par leur combustion, ces gaz développent une température très-considérable, qui, se communiquant à la sole du four et à la houille qui la recouvre, rend la distillation plus active et plus économique.

Les expériences les plus récentes établissent avec une netteté absolue les avantages que les fours à sole chauffée présentent sur les fours à sole non chauffée; ces avantages sont d'ailleurs faciles à saisir; dans les premiers, grâce à la combustion des gaz et malgré les circuits que ceux-ci sont obligés de faire sous la sole, le tirage est plus rapide; aussi trois jours suffisent-ils pour distiller, par ce moyen, 6,000 kilogr. de houille, tandis qu'il en faut cinq ou six dans le premier cas; par suite de l'utilisation de la chaleur perdue, le rendement est supérieur, il s'élève à 58, et peut même atteindre 63 et 65 pour 100; il dépasse donc de 5 à 6 pour 100 le rendement des fours à sole non chauffée. Un autre avantage doit

ncore être pris en considération : dans les fours à sole non hauffée, la distillation de la houille marche de haut en bas, et, ar suite, les gaz emprisonnés bientôt par la masse de coke qui urmonte la houille non carbonisée, ne s'échappent qu'avec peine t au moyen des fissures qu'ils produisent dans cette masse. ans les fours à sole chauffée, au contraire, la distillation marche ar les deux surfaces simultanément, c'est-à-dire de bas en haut t de haut en bas; la charge se trouve donc diminuée de moitié, e dégagement des gaz est plus facile, et il se produit au milieu e la masse une sorte de séparation, de fissure horizontale qui rise le coke en pains presque carrés. Les différents avantages ue nous venons d'exposer établissent une supériorité certaine n faveur des fours à sole chauffée, aussi tendent-ils à se substi-uer d'une manière générale aux fours ordinaires, et est-ce, par uite, à leur description que nous nous attacherons spécialement, ous guidant pour cela sur la remarquable étude publiée dans es *Annales des mines* (1860), par M. Dieudonné, sur les établisse-ents à coke de la Compagnie des chemins de fer de l'Est.

Avant de soumettre la houille à la carbonisation dans les fours, il ut la préparer d'une manière convenable; dans ce but, on la broie 'abord en la passant dans un moulin formé d'une noix dentée onique, tournant dans un autre cône également denté concen-rique au premier; elle doit être ainsi réduite en morceaux de millim. de diamètre environ; plus elle est menue, meilleure lle est, mais il faut avoir soin d'éviter la formation du poussier ui constitue un déchet considérable. La houille ainsi broyée est nsuite soumise à un lavage dont le but est de séparer les schistes t autres matières minérales (calcaire, etc.) qu'elle renferme. Les veurs de houille affectent des formes diverses; le plus usité onsiste en une caisse en bois séparée en deux parties inégales ar une cloison verticale; dans la petite chambre ainsi cloi-onnée peut se mouvoir de haut en bas un piston plein, qui, plus rd, lorsque la caisse est remplie d'eau, refoule celle-ci et la éplace par des mouvements alternatifs de va-et-vient. A la partie férieure, la grande chambre porte 1° une toile métallique errée ; 2° à une certaine distance un châssis permettant le pas-age facile des morceaux de houille. Pour se servir de cet appa-eil, on y projette, en général, 2 hectolitres de houille menue, uis on fait mouvoir le piston ; l'eau, dans son mouvement de va--vient, déplace la houille, la met en suspension pour ainsi dire, bientôt les différents matériaux qui là composent viennent se

classer par ordre de densité; les matières fines, les *schlams*, passent à travers la toile métallique et tombent au fond de la cuve, les schistes lourds viennent se poser sur cette toile au-dessous du châssis, et la houille plus légère occupe les parties supérieures, c'est-à-dire dépasse ce châssis; on enlève ces parties à la pelle, puis on recommence; après deux ou trois opérations, l'espace compris entre la toile et le châssis est exclusivement rempli de schiste que l'on enlève pour recommencer ensuite l'opération. Par ce lavage, la houille perd, en général, un dixième de son poids (déchet, schistes et schlams). C'est après l'avoir ainsi préparée et l'avoir laissée quelque temps sécher qu'on la soumet à la carbonisation.

Les fours, que représente la fig. 306 et qui sont disposés en nombre quelconque, sont rectangulaires et surmontés d'une

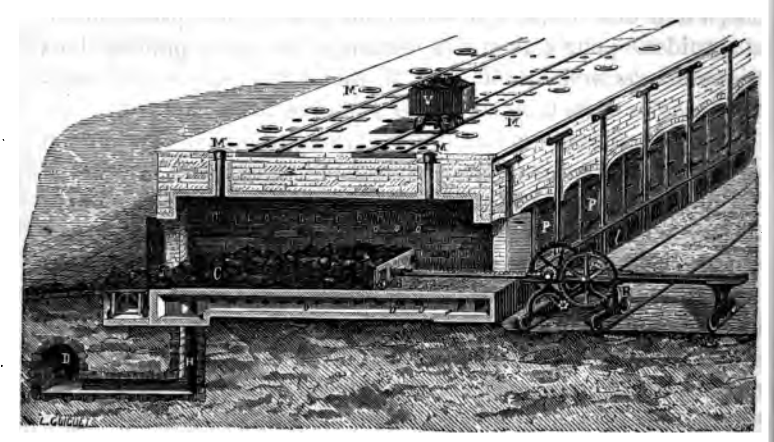


Fig. 306.—Fours à coke.

voûte cintrée; ils sont fermés aux deux extrémités par des portes en fonte P; la charge a lieu par les deux ouvertures M, M' percées dans la voûte, et devant lesquelles viennent se présenter des wagonnets à bascule V circulant sur des rails longitudinaux. Dans la paroi latérale des fours se trouvent cinq ou neuf ouvertures *o* qui, communiquant avec des cheminées verticales conduisent les gaz de la distillation sous la sole, dans les carneaux, où ils sont brûlés par le courant d'air calculé qu'on laisse pénétrer par les registres *l*, *l*; après leur combustion, les gaz sont ensuite dirigés dans la cheminée traînante HD, d'où ils rejoignent la grande cheminée de l'usine.

Pour faire usage d'un four semblable, après avoir fermé les portes en fonte, ouvertes pour le défournement précédent, et alors que les parois sont au rouge, on charge par M et M′ 6,000 kilogr. de houille préparée, et on laisse d'abord ces deux trous ouverts jusqu'à ce que la houille soit complètement allumée; aussitôt que ce résultat est atteint, on ferme M et M′ et l'on ouvre toutes les prises d'air *l*, *l*, car, à ce moment, une masse énorme de gaz se dégage, et ceux-ci, entraînés dans les cheminées verticales, demandent, pour leur combustion sous la sole, une quantité considérable d'oxygène; au fur et à mesure que la distillation avance, la houille se boursoufle (et la charge a dû être calculée de telle sorte que l'augmentation de volume soit aisément contenue dans le four), puis les gaz deviennent moins abondants; on diminue alors l'ouverture des registres *l*, *l*, jusqu'à ce que la distillation soit achevée, c'est-à-dire jusqu'à ce que le dégagement de gaz soit nul, ce qui se produit après trois jours de feu. Lorsque ce point est atteint, l'opération est terminée, on ouvre les portes d'avant et d'arrière et l'on procède au défournement; pour opérer celui-ci, on approche près de l'avant, au moyen de rails, un engin R désigné sous le nom de repoussoir et formé d'une forte crémaillère horizontale en fonte terminée par une pièce plane B de la largeur du four et désignée sous le nom de bouclier. Au moyen des manivelles que porte le repoussoir, on fait avancer ce bouclier qui, pressant à la base de la masse de coke C, la détache du four et l'entraîne hors de celui-ci. Là, cette masse incandescente rencontre un plan incliné, pavé en briques, de 10 mètres de longueur environ, et dont l'inclinaison égale 0 mètre 07 centim. par mètre. En glissant sur ce plan, la masse se disloque et les morceaux en se séparant prennent la forme prismatique allongée recherchée pour ce genre de combustible. On les éteint aussitôt, soit avec des seaux d'eau, ce qui produit leur refroidissement immédiat, soit en les recouvrant de fraisil, opération moins avantageuse car elle exige deux jours environ pour que le refroidissement du coke soit complet.

Quelquefois, et ce fait se manifeste surtout en Angleterre, l'emploi de houilles trop grasses ne permet de défourner que lorsque la masse est refroidie; sans cette précaution, le coke, en glissant sur le plan incliné, s'écraserait et perdrait beaucoup de sa valeur.

Dans les fours ronds, le défournement ne peut avoir lieu par le procédé mécanique que nous venons de décrire; pour l'effec-

tuer, on est obligé d'arracher peu à peu le coke au moyen de ringards; cette circonstance suffirait à faire préférer les fours rectangulaires semblables à celui que nous venons de décrire.

Dans les fours à coke et à sole non chauffée, on peut, comme cela se pratique dans un certain nombre d'usines, utiliser les gaz de la distillation en les dirigeant dans les barillets, les condensateurs et les épurateurs usités pour la fabrication du gaz de l'éclairage (Voy. *Éclairage par les gaz*. ÉCL); cependant le gaz ainsi obtenu ne peut être comparé à celui que fournit la distillation de la houille dans les cornues; son pouvoir éclairant est toujours de 10 à 12 pour 100 inférieur, mais les goudrons que produit ce genre de distillation possèdent une valeur plus grande que le goudron ordinaire.

CHAPITRE IV.—CHARBONS ARTIFICIELS.

I. — FABRICATION DES HOUILLES AGGLOMÉRÉES OU PÉRAS ARTIFICIELS.

L'accumulation des menus fragments de houille apporte dans l'exploitation des houillères un assez grand embarras. Il y a quinze ans, M. Marsais, ingénieur, directeur des mines de Saint-Étienne, leur a trouvé un emploi lucratif en les mélangeant avec des goudrons et soumettant le mélange à une calcination modérée, de manière à souder les divers éléments qui le composent et à en former un combustible nouveau, désigné aujourd'hui sous le nom de *houilles agglomérées* ou *péras artificiels,* et dont la fabrication a pris, dans les divers centres houillers, une très-grande importance.

Les menus de houille destinés à cette fabrication, soumis d'abord à un lavage hydraulique, comme il a été dit pour la fabrication du coke, sont ensuite mélangés à la matière agglutinative.

La première méthode suivie pour obtenir ce combustible, consistait à introduire les menus de houille dans un four à sole tournante et surmonté d'un râteau fixe; dans ce four, on mélangeait à chaud le charbon avec 7 à 8 pour 100 de brai à l'état de fusion; lorsque le mélange était complet, on le moulait, par

pression, sous forme de briquettes, auxquelles le refroidissement ne tardait pas à donner de la consistance. Ce système présentait des inconvénients graves qui l'ont fait abandonner d'une manière presque générale; en effet, sous la pression des gaz produits par la combustion du brai, on voyait quelquefois les huiles suinter à travers les briques du four; et, d'un autre côté, l'introduction du brai, à chaud, pouvait donner lieu à des explosions.

Une méthode préférable consiste à mélanger les menus de houille lavés, ou même directement des houilles maigres impropres à la fabrication du coke avec 10 pour 100 de goudron de gaz. On obtient ainsi une masse pâteuse qu'il est facile de mouler sous la forme de briquettes au moyen de l'une quelconque des machines employées pour le moulage des briques par pression. Les briquettes encore molles ainsi obtenues sont placées avec précaution dans des chariots en tôle V, que l'on introduit ensuite dans des fours de forme spéciale. Ceux-ci sont formés de grandes capacités en briques, entièrement closes, et placées sur un foyer F dont ils sont séparés par une forte plaque de fonte ou par une

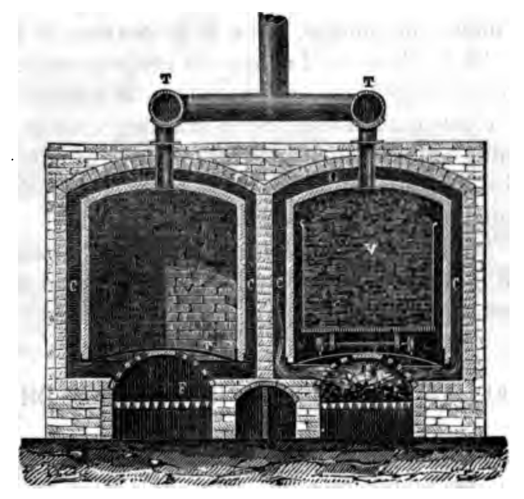


Fig. 307.—Four de M. Dehaynin, pour la carbonisation des houilles agglomérées.

voûte en briques. Ces capacités sont elles-mêmes disposées dans une enveloppe en briques très-solidement construite. Entre ces deux enveloppes règne un espace libre C, C, dans lequel circulent les gaz du foyer F avant de se rendre à la cheminée d'appel.

Cette disposition permet de chauffer les capacités V comme on chaufferait un moufle, et de les maintenir entièrement à l'abri des gaz du foyer.

Dans ces capacités on introduit des wagons en tôle roulant au moyen de galets sur les rails que porte la plaque en fonte qui surmonte le foyer F. Les briquettes placées dans ces wagons soumis à la température élevée du four, ne tardent pas à se carboniser sur place et sans changer de forme. Les gaz et produits volatils se dégagent par les tuyaux T qui communiquent exclusivement avec l'intérieur des capacités V, et se rendent dans les appareils condensateurs ordinaires.

Enfin, la dernière et la plus simple des méthodes usitées aujourd'hui pour la fabrication des péras est la suivante : Les goudrons fournis par la fabrication du gaz de l'éclairage sont d'abord distillés et séparés en huiles légères employées à la production de la benzine, de l'aniline, etc. (Voy. *Essences pyrogénées.* ESS); en huiles lourdes utilisées pour la production du noir de fumée, pour l'injection des traverses de chemin de fer, etc., et enfin en brai solide. Ce brai est pulvérisé sous des meules, puis mélangé à sec avec des menus de houille, dans la proportion de 10 parties de brai pour 90 de charbon. Lorsque le mélange est intime, on l'introduit dans des cylindres en fonte où on le soumet à l'action de la vapeur d'eau surchauffée. Sous l'influence de la température élevée que celle-ci fournit, la masse devient pâteuse, et il suffit alors de la mouler sous pression pour la transformer en briquettes constituant un très-bon combustible.

Les moules des péras sont en fonte et de forme rectangulaire; ils ont 32 centimètres de longueur, 16 centimètres de largeur et 16 centimètres de profondeur.

II.—CHARBON VÉGÉTAL MOULÉ, OU CHARBON DE PARIS.

Le charbon moulé, dit charbon de Paris, s'obtient des menus débris de matières carbonisées que l'on agglomère en cylindres affectant la forme du charbon ordinaire.

Les matières carbonisées employées à cet usage sont :

1° Le poussier de charbon de bois, résidu des fonds de bateaux et des magasins;

2° Le poussier de charbon de tourbe;

3° Le tan épuisé et carbonisé;

4o Le charbon des brindilles de forêts, de bruyères, etc.[1];

5o Les résidus charbonneux en poudre de la fabrication du gaz et des magasins de coke.

Ces résidus sont agglomérés au moyen de goudron de gaz qui, lui-même, laisse par sa calcination 20 à 25 centièmes de son poids de charbon.

Les matières charbonneuses sont humectées à 8 ou 12 pour 100 d'eau et broyées entre des cylindres en fonte cannelés, tournant en sens contraire, l'un marchant deux fois plus vite que l'autre; on obtient ainsi une poudre grossière que l'on fait passer entre deux autres cylindres dont la surface est unie.

Le mélange de cette poudre de charbon avec le goudron brut des usines à gaz pour l'éclairage se pratique dans une auge circu-

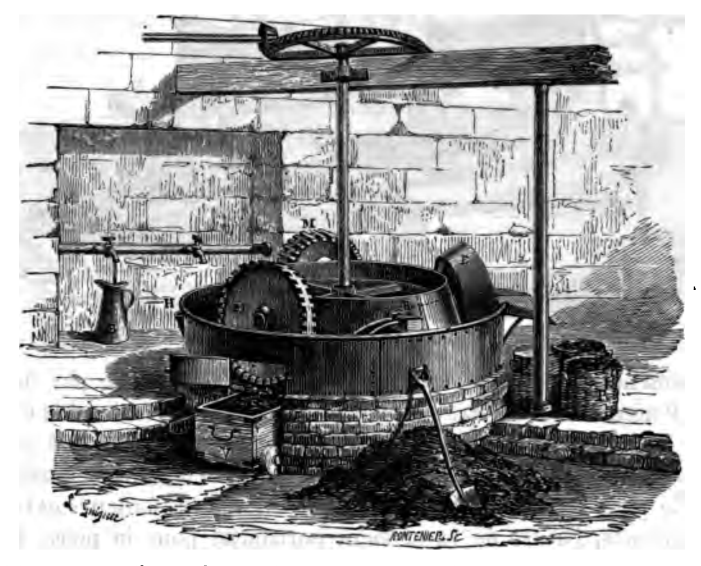


Fig. 308.—Mélange des matières employées à la fabrication du charbon moulé.

laire d'un moulin à trois meules coniques dont deux cannelées M, M, et une pleine E; une espèce de soc de charrue R, entraîné par le mouvement des meules, renouvelle les surfaces du charbon

[1] Le charbon de brindilles s'obtient en calcinant les brindilles que laisse l'exploitation des forêts dans des fours en maçonnerie mesurant 3 ou 4 mètres cubes; lorsque le prix élevé des transports force à opérer sur le lieu même de l'exploitation, la carbonisation est conduite sous une sorte de meule formée de châssis mobiles en tôle,

et détermine un mélange plus exact : l'on ajoute par H en cette façon 33 à 40 litres de goudron à 100 kilogr. de charbon, c'est 8 litres de l'un pour 1 hectolitre de l'autre. De ce travail résulte une pâte ferme et très-homogène ; lorsqu'il est terminé, on fait sortir le mélange par une porte ménagée dans la paroi de l'auge, et on le fait arriver dans un récipient V situé au-dessous.

On procède ensuite au moulage. A cet effet on verse la pâte préparée sur un tablier T d'où on la fait pénétrer dans les moules

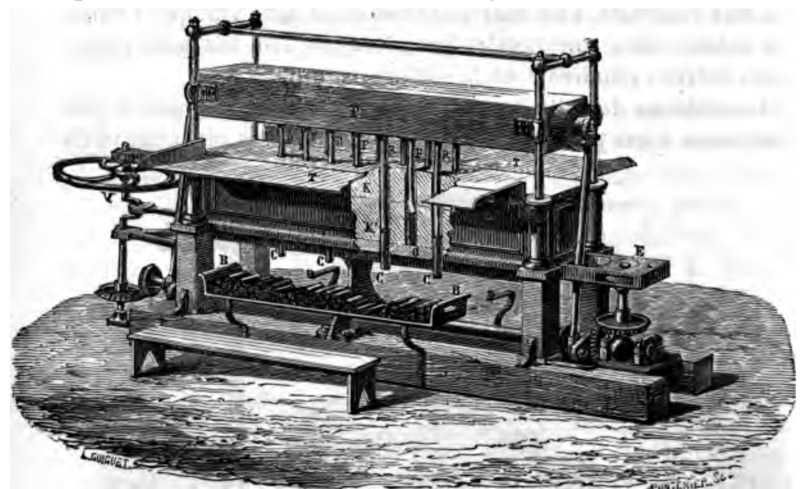


Fig. 309.—Appareil pour le moulage du charbon.

légèrement coniques de la machine où elle est refoulée par des tiges P nommées *fouleurs*, puis chassée des moules par les *débourreurs* R. On obtient ce résultat en soumettant la machine à un double mouvement, l'un alternatif d'abaissement et d'ascension pour la pièce P qui porte à sa partie supérieure les fouleurs et les débourreurs, l'autre de va-et-vient horizontal pour la pièce K' qui porte les moules. Ainsi, dans la première position du va-et-vient, les fouleurs F compriment la matière dans les moules, tandis que dans le deuxième mouvement les moules se présensent en face des ouvertures portées par la pièce fixe O et correspondant aux débourreurs R qui en chassent la matière transformée en cylindres C. Des femmes reçoivent les cylindres dans leurs mains et les rangent sur le banc B.

La plaque en fonte K dans laquelle sont percés les entonnoirs et celle où sont pratiquées les ouvertures O sont fixes toutes les deux. C'est lorsque le moule se trouve en face du bourreur et

d'une partie pleine de la plaque O que la compression devient possible; l'un des débourreurs agit dans le vide, parce que l'on ne remplit que deux moules, en même temps que l'on en vide deux. En supposant que la machine soit double, il y a simultanément quatre moules en charge et quatre dont le contenu est refoulé.

Le *séchage* des cylindres de charbon s'opère en trente-six ou quarante-huit heures, en exposant les paniers qui les contiennent dans un endroit aéré; après cela, on procède à la carbonisation du goudron qu'ils renferment.

La *carbonisation* s'effectue dans des moufles chauffés par un foyer. Ils sont bâtis en briques. Un moufle est chargé six heures plus tard que l'autre, afin d'utiliser les produits combustibles qui se dégagent du moufle chargé. Les cylindres moulés étant au préalable arrangés sur une pelle en tôle encaissée P, on les enfourne sur la sole de chaque moufle; au moyen de l'outil R,

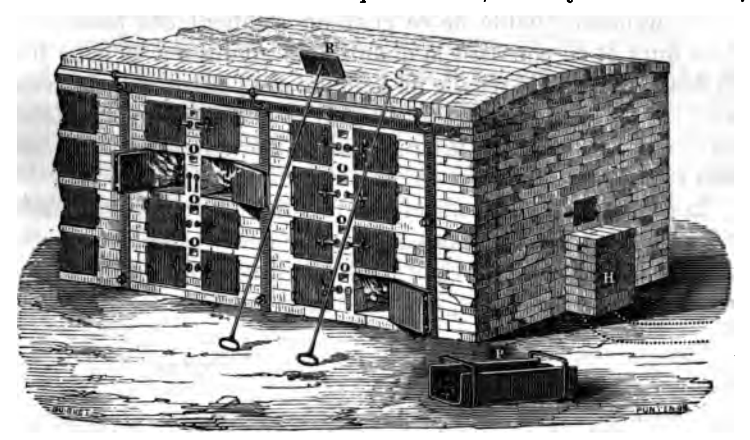


Fig. 310.—Fours de MM. Popelin-Ducarre pour la carbonisation du charbon végétal moulé.

un ouvrier presse sur les cylindres, tandis qu'avec le crochet C, un autre tire à lui la pelle, de manière à l'enlever et à ne laisser que les charbons dans le four; cela fait, on ferme le moufle par une porte en fonte. Quand le défournement a lieu, il suffit de verser les cylindres dans un étouffoir en tôle. La carbonisation dure douze heures; pendant les six premières heures elle marche sous l'action du combustible placé dans le foyer, et, pendant les six dernières par la combustion des vapeurs et des gaz dégagés du moufle déjà chauffé. On tire parti de l'excédant de chaleur pour développer la force mécanique de la vapeur d'eau.

La carbonisation est achevée lorsque les petits carneaux 0, 0, pratiqués dans les parois des moufles ne laissent plus dégager de flammes. On opère ainsi deux carbonisations en vingt-quatre heures.

Les flammes et les produits de la combustion circulent autour des moufles, d'abord dans le sens horizontal, puis dans le sens vertical, avant de s'écouler dans une cheminée traînante H commune aux moufles, et située derrière le four; cette cheminée dirige le courant gazeux vers un générateur dont la vapeur produit la force mécanique employée dans l'usine. Pendant cette circulation, les produits de la calcination reçoivent, par des prises d'air extérieures, la quantité d'oxygène nécessaire à leur combustion complète.

La densité du charbon végétal moulé est plus régulière et plus grande d'un tiers que celle du charbon de bois ordinaire.

La première qualité de ce charbon s'obtient des poudres de bois durs et en poussant la quantité de goudron à 60 pour 100; la deuxième qualité résulte de l'emploi des poussiers de magasin, agglomérés au moyen de 36 à 40 pour 100 de goudron. Les débris de charbon de tourbe et la tannée carbonisée donneraient un charbon moulé plus abondant en cendres que le précédent.

La combustion plus lente et plus régulière des charbons moulés offre des conditions spéciales d'économie relativement au charbon de bois ordinaire. Il convient dans un grand nombre de circonstances, aux laboratoires, aux cuisines et à différentes industries.

COLIN.

CONSERVATION
DES SUBSTANCES ORGANIQUES.

CHAPITRE I.—GÉNÉRALITÉS SUR LA CONSERVATION DES SUBSTANCES ORGANIQUES.

Les premières tentatives faites pour arriver à la conservation des substances organiques datent de loin ; on en trouve des traces dans les temps les plus reculés. Mais c'est depuis cinquante ou soixante ans surtout que les essais se sont multipliés.

La rapidité avec laquelle les matières animales, abandonnées à elles-mêmes, subissent des transformations qui en altèrent les qualités, la diversité de ces altérations, la nature des produits qui en résultent, les phases si variées de ce travail de la matière morte que l'on a nommé *fermentation*, *putréfaction*, sont autant d'obstacles à vaincre pour arriver à sa conservation. Il convient donc de prendre d'abord une notion succincte de cet ensemble de phénomènes.

Toutes les matières organiques font, ou ont fait partie d'un être vivant, végétal ou animal. Tant qu'elles font partie de l'être vivant, elles ne subissent d'autres modifications que celles qui résultent de son renouvellement continuel, de son augmentation ou de son amoindrissement par *catalyses* assimilatrices ou désassimilatrices ; en un mot, elles vivent avec l'être dont elles font partie : telle est la loi de toute matière organique vivante. Mais si elles en sont séparées, ou si l'être lui-même cesse de vivre, elles subissent d'abord un premier travail, la fermentation, commencement des phénomènes de putréfaction. La fermentation est l'altération spontanée qui se produit dans toute matière organique qui a cessé de vivre et se trouve abandonnée à l'action combinée de l'air, de l'eau et de la chaleur. Il faut, pour qu'elle se produise, que la matière organique soit azotée, ou du moins qu'elle contienne un élément azoté, qui, le premier, subit l'altération et la communique aux autres parties. En thèse générale, les matières organiques se décomposent d'autant plus vite et plus facilement qu'elles sont plus azotées : ainsi les substances végé-

tales qui contiennent bien moins d'azote que les substances animales se putréfient beaucoup plus lentement et sont faciles à conserver.

Parmi les substances organiques, celles qui ne contiennent pas d'azote, les gommes, les fécules, les huiles, les graisses, les savons, les sucres, etc., ne subissent même pas les phénomènes de la fermentation, quand elles sont soumises, isolées, aux causes qui déterminent la putréfaction des autres éléments organiques. Il y a plus, cette résistance à la décomposition putride les a fait utiliser comme agents conservateurs.

La fabrication d'un très-grand nombre de produits alimentaires ou industriels est basée sur l'étude de ces phénomènes dont on a en quelque sorte réglementé la marche.

Avons-nous besoin de citer la fabrication du pain, du vin, du vinaigre, de l'alcool, de la bière, des fromages, etc., les productions du carbonate d'ammoniaque, de l'acide gallique, etc.?

Si la matière organique est soustraite à l'action de l'un des éléments désorganisateurs que nous venons de signaler, l'air, la chaleur et l'eau, elle persiste dans son état sans subir aucune altération; la plupart des procédés que nous aurons à examiner agissent de cette manière; les autres se sont attaqués aux matières les plus fermentescibles et, en les décomposant, ont annihilé leur action.

CHAPITRE II.—CONSERVATION DES SUBSTANCES ALIMENTAIRES.

I. CONSERVATION DES VIANDES.

PROCÉDÉS BASÉS SUR L'ABSORPTION DE L'OXYGÈNE ET LE VIDE.

Procédé Appert. — La conservation des substances organiques animales dans le vide est une expérience de laboratoire; les matières organisées, animales ou végétales, placées sous la cloche d'une machine pneumatique, se conservent des mois entiers sans se putréfier; mais au moindre accès de l'air, leur décomposition se fait très-rapidement. Gay-Lussac a conservé du moût de raisin dans le vide, et la fermentation alcoolique ne s'y est déclarée que lorsqu'il eut introduit quelques bulles d'air. Mais cette opération ne peut devenir l'objet d'une exploitation indus-

trielle. Dans l'état actuel, du moins, il est très-difficile de faire le vide exactement dans un vase contenant une substance à conserver; celle-ci, en effet, s'y dessèche peu à peu en le remplissant d'une atmosphère de vapeur d'eau, et les vases, même d'une notable solidité, ne peuvent avoir une grande dimension sans être exposés à fléchir, à se briser sous la pression atmosphérique. Le procédé Appert est cependant fondé sur la soustraction de l'air et nous allons voir par quelle ingénieuse combinaison son auteur est arrivé à fabriquer des conserves dont la réputation s'est répandue dans le monde entier.

C'est en 1804 que, par ordre du gouvernement, Appert fit ses premiers essais. Son procédé consiste :

« 1° A renfermer dans des bouteilles ou bocaux et dans des « boîtes de fer-blanc et de fer battu les substances que l'on veut « conserver ;

« 2° A boucher ou à souder ces vases avec la plus grande pré« cision, car c'est surtout de cette opération que dépend le succès ;

« 3° A soumettre les substances ainsi renfermées à l'action de « l'eau bouillante d'un bain-marie pendant plus ou moins de « temps, selon leur nature.

A cette description empruntée à l'inventeur, nous ajouterons quelques instructions pratiques qu'il a données dans différentes parties de son ouvrage.

Il faut attacher le plus grand soin au choix du fer-blanc qui sert à la confection des boîtes. Si le fer n'est pas bien étamé, la rouille, se formant au dehors ou au dedans, perce la boîte et la conserve est perdue. Une fermeture et une soudure exactes sont également de grande importance : une boîte, un flacon mal bouchés, mal soudés sont perdus sans retour: aussi la qualité des bouchons et de la soudure et surtout le choix des ouvriers que l'on emploie demandent une grande attention.

Dans la description succincte de son procédé, Appert ne mentionne pas la cuisson préalable qu'il fait subir aux aliments. Il dit de *renfermer dans des boîtes les substances que l'on veut conserver*, mais il est sous-entendu que ces substances doivent être préparées suivant les recettes de l'art culinaire avant d'être introduites dans les boîtes ; en effet, dans le cours de son ouvrage, il donne à ce sujet des détails relatifs à chaque espèce d'aliment. Pour les viandes, cependant, il recommande de ne pas pousser la cuisson jusqu'au degré le plus complet, afin que la conserve, au sortir du bain-marie, garde une certaine fermeté, lorsque, ouvrant la

boîte, on veut la réchauffer pour en faire usage. Nous insistons sur cette coction préalable, qui fait toute la différence entre le procédé Appert et certains perfectionnements qui y ont été apportés.

Enfin une dernière recommandation d'Appert, et la plus importante, est celle qui se rapporte au bain-marie lui-même. Après de nombreuses expériences, il a reconnu que l'emploi du bain-marie *découvert* donnait des résultats insuffisants. Son esprit progressif a trouvé dans le bain-marie exactement fermé tous les éléments d'une excellente conservation. Il put alors, en effet, élever la température de quelques degrés, et, dans ces nouvelles conditions, les produits se conservèrent infiniment mieux.

Mais, comme le fait observer Appert lui-même, « le bain-marie « couvert ne peut être disposé que dans des vases d'une certaine « résistance, comme le sont les marmites, les chaudrons, les « vases de cuivre; la dilatation de la vapeur par l'application « persistante du calorique produirait souvent des explosions et « amènerait des accidents si l'on se servait de vases moins résis- « tants tels que ceux en terre, en faïence. » etc.

Appert a aussi indiqué l'emploi de la vapeur comme moyen de chauffage du bain-marie, mais il semble en avoir fait peu d'usage.

Par le procédé Appert, on peut conserver des morceaux de bœuf de deux ou trois livres, des poissons, des volailles entières, etc., mais le mode le plus économique et le plus certain consiste à désosser les pièces que l'on veut préparer, et quand elles sont aux trois quarts cuites à les mettre dans les boîtes ; on y ajoute soit du bouillon, soit une sauce préparée à part et on soude.

Le temps pendant lequel ces boîtes doivent être exposées dans le bain-marie varie d'après la préparation et aussi d'après la dimension des boîtes. Ordinairement trois quarts d'heure suffisent pour celles de 1 à 2 litres.

Voici comment Appert emploie le bain-marie :

« Les boîtes étant bien disposées, je les range dans une chau- « dière garnie d'un diaphragme mobile ou faux-fond percé de trous « dans toute sa surface, et placé à un pouce de distance du fond. « Lorsque le premier lit est complet, j'en fais un deuxième, un « troisième et même plus, si la chaudière est assez haute et les « boîtes assez nombreuses pour la garnir. J'ai soin d'emplir la « chaudière jusqu'aux trois quarts et demi, c'est-à-dire trois ou « quatre pouces du bord. Je couvre ensuite à leur surface toutes « les boîtes empilées avec deux linges et je ferme exactement la

« chaudière de son couvercle; j'allume alors le feu, que je conduis « avec modération jusqu'à l'ébullition, que je continue pendant « trois quarts d'heure. Après avoir retiré le feu, je laisse le tout « refroidir pendant deux heures, ou du soir au lendemain matin, « ce qui est indifférent, lorsque l'opération se fait à la fin de la « journée. On retire alors l'eau par la canelle de décharge, et en- « suite les boîtes que l'on range sur une table. »

Lorsque les boîtes de conserves sortent de la chaudière, elles sont plus ou moins bombées. Ce résultat se produit d'une manière constante quand la boîte est bien fermée.

Cette convexité doit disparaître par le refroidissement et faire place à une concavité légère. Si ce retrait n'a pas lieu, il faut en conclure que la préparation est mauvaise ou que le couvercle est trop grand. Mais comme les couvercles sont taillés très-exactement sur le même modèle, le premier cas est le plus ordinaire. Alors, ce qu'il y a de mieux à faire, si la conserve est préparée depuis quelques jours seulement, c'est d'ouvrir la boîte de suite et de tirer parti du contenu, car si on la laisse en magasin, tout sera perdu.

Le bombage des boîtes ne se fait pas seulement quelques heures ou quelques jours après leur sortie du bain-marie, nous en avons vu se bomber après dix-huit mois et sans qu'il fût possible d'en comprendre la raison. Il y a quelques années, les pertes éprouvées ainsi par les fabricants de Nantes, du Mans et de Paris furent très-considérables, elles s'élevèrent à 90 0/0 sur les pois, 45 0/0 sur le bœuf bouilli, 25 0/0 sur les gibiers.

La perte qui résulte de ces altérations ultérieures fait que la conserve Appert est d'un prix nécessairement élevé.

Le plus simple, pour obtenir des produits d'une conservation certaine, est, selon nous, de faire passer les boîtes huit ou même quinze jours à l'étuve, un mois après leur fabrication ; si, dans ces circonstances, la boîte ne se bombe pas, elle est bien préparée et présente toutes garanties de durée. Nous avons essayé ce moyen, il ne nous a jamais fait défaut, mais il présente des difficultés pratiques puisqu'il oblige le fabricant à garder ses produits un mois au moins dans ses magasins.

Les reproches que l'on fait aux produits conservés par le procédé Appert sont les suivants :

1° Après un certain temps, les aliments contenus dans les boîtes ont perdu une grande partie du goût propre à chaque substance, et ont pris une saveur particulière que l'on nomme le goût d'étain;

2° Il arrive souvent, comme nous l'avons dit plus haut, que les boîtes ne se conservent pas bien, qu'elles se bombent.

3° Les boîtes de conserves, une fois ouvertes, doivent être consommées rapidement, si l'on ne veut les voir s'altérer ;

4° Les produits étant tout préparés, on ne peut leur donner l'assaisonnement que l'on veut ;

5° La place que tiennent les boîtes de conserves, et leur prix élevé empêchent d'en généraliser l'emploi dans la marine pour les hommes d'équipage, etc.

Un mot maintenant sur la théorie que l'on a donnée du procédé Appert :

« Lorsqu'une substance animale ou végétale est renfermée « dans un vase hermétiquement clos et soumise à une tempé« rature de plus de 100 degrés, elle décompose l'air atmosphé« rique contenu dans le vase, absorbe l'oxygène et devient par « cette absorption complétement imputrescible. »

Nous ajouterons qu'il faut, pour que cette absorption de l'oxygène ait lieu, que la quantité d'air soit très-minime. Si par la faute du soudeur il en reste un peu trop sous le couvercle (ce qui arrive souvent), la substance à conserver est impuissante à le décomposer et à en absorber l'oxygène.

Appert, qui avait reconnu ce fait et qui savait combien il est difficile de souder une boîte très-pleine, avait conseillé de laisser au couvercle une petite ouverture par laquelle on remplirait exactement la boîte et que l'on fermerait aussitôt après par un point de soudure.

Procédé Fastier.—M. Fastier a pris, le 17 juillet 1839, un brevet pour un procédé de fabrication qui est un perfectionnement très-important du procédé Appert.

M. Fastier insiste, et avec raison, sur la nécessité de n'employer que du fer-blanc d'excellente qualité.

La boîte de M. Fastier diffère, du reste, de celles qui sont employées pour le procédé Appert; le couvercle est percé d'un trou au centre et muni à sa face interne d'un petit appendice en fer blanc dont nous indiquerons l'usage. Quand les boîtes à fabriquer sont d'une contenance de 8 à 25 kil. le couvercle est formé de deux parties dont la plus grande est soudée d'avance au corps de la boîte, laissant dans son milieu une ouverture circulaire de 10 à 45 centimètres de diamètre, qui se ferme au moyen d'une capsule, percée elle-même d'un trou à son centre et portant le petit appendice dont nous avons déjà parlé.

La viande ou les aliments à conserver sont emboîtés crus. Dans quelques circonstances cependant, pour rendre cette opération plus facile, les viandes sont plongées quelques minutes dans du bouillon porté à l'ébullition; saisie par la chaleur, la viande se resserre, diminue sensiblement de volume, acquiert une fermeté plus grande qui facilite singulièrement la mise en boîte. On ajoute, pour remplir les vides, du bouillon ou de l'eau et les assaisonnements nécessaires, puis on soude le couvercle ou la capsule.

Les boîtes soudées sont rangées dans un grand panier en fer qui, mis en mouvement par un treuil, plonge à volonté dans un bain dont le point d'ébullition a été élevé en y dissolvant du chlorure de calcium. Comme ce bain, quand il est neuf, attaque un peu l'étamage des boîtes, on a pris la précaution de le saturer d'étain en y mettant des rognures de fer-blanc. La surface du bain est en outre recouverte d'une couche de graisse fondue qui a pour objet d'empêcher les vapeurs d'eau de gêner le soudeur.

Ce bain n'entre en ébullition qu'à 118, 120 et même 125 degrés, il est chauffé par la vapeur provenant d'un générateur à une tension de 4 ou 5 atmosphères et circulant dans des tuyaux. Au moyen de deux thermomètres placés aux extrémités du bain et plongeant dans le liquide, on règle la température, qui doit toujours être maintenue de quelques degrés au-dessous du point d'ébullition de la dissolution saline. Le panier en fer, auquel nous conserverons le nom de *ber* que lui a donné M. Fastier, est descendu dans le bain jusqu'à ce que les boîtes ne dépassent plus le liquide que de 2 à 3 centimètres, suivant leur grandeur. La température du bain est élevée entre 112° et 118°, et le liquide contenu dans les boîtes ne tarde pas à entrer en ébullition. Il sort d'abord par la petite ouverture laissée au couvercle un jet de vapeur dont l'intensité augmente rapidement, puis le liquide contenu dans la boîte, dilaté par la chaleur et chassé par l'ébullition qui s'y produit, ne tarde pas aussi à s'échapper, mais au lieu de se répandre dans le bain, il passe directement dans un gobelet superposé à la boîte et dont le fond est percé d'un trou à son centre.

Aussitôt que les boîtes ont été plongées dans le bain, l'ouvrier chargé de conduire le travail a posé ces gobelets sur leur couvercle, guidant alors une grande aiguille en fer dans les ouvertures ménagées au fond du gobelet et au couvercle de la boîte, il les met en communication. Le fond du gobelet est en plomb pour favoriser cette juxtaposition.

L'ébullition est continuée dans ces conditions pendant un temps variable en raison de la capacité des boîtes à préparer ou de la nature des aliments. Le petit appendice en fer-blanc soudé à la face interne du couvercle éloigne les parties solides de la petite ouverture qui y est ménagée et maintient la sortie de la vapeur ou du liquide : l'ouvrier est même obligé souvent d'aiguiller ses boîtes pour dégager ces ouvertures.

Lorsque l'ébullition est terminée, le ber est lentement soulevé au-dessus du bain, les boîtes se refroidissent brusquement et le liquide contenu dans les gobelets y rentre aussitôt; ceux-ci sont alors retirés, on descend les boîtes dans le bain et les couvercles sont essuyés avec soin.

L'ébullition reprend dans la boîte au bout de quelques minutes; il s'échappe de nouveau un jet de vapeur, c'est sur ce jet qu'il faut souder, ce qui demande une grande habitude. Au moyen d'une éponge mouillée, l'ouvrier refroidit la partie supérieure de la boîte, la vapeur cesse un instant de sortir, il en profite pour laisser tomber sur la petite ouverture du couvercle une goutte de soudure qui prend et la ferme exactement.

Les boîtes fermées sont plongées entièrement dans le bain, elles y restent de 30 à 50 minutes, suivant leur capacité.

Dans son premier brevet d'addition, à propos de la cuisson à donner aux conserves, M. Fastier dit « que si quelques-unes des boîtes n'avaient pas reçu le degré de cuisson nécessaire, il faudrait les placer dans une chaudière à soupape, graduer la chaleur et varier la durée des opérations suivant les substances. »

L'emploi des chaudières fermées exactement et munies de soupapes est un grand perfectionnement. Il permet de cuire les conserves à une température plus élevée que 100 degrés, ce qui, en décomposant par la chaleur les principes organiques le plus facilement putrescibles, aide encore à la conservation : Appert, sans se douter de la cause, avait reconnu les bons effets de cette élévation de température.

Mais les chaudières à soupapes, les autoclaves, qui peuvent être très-utilement employées pour la préparation des conserves par le procédé Appert, sont sans utilité pour celui qui nous occupe; le bain remplit aussi bien le but et ne nécessite pas une main-d'œuvre nouvelle.

Voici en quelques mots pourquoi ce procédé est un perfectionnement véritable et important du procédé Appert.

D'abord, par ce système, les substances à conserver ne sont

pas cuites une deuxième fois, par l'action du bain-marie. En outre, il est évident que, dans la fermeture des boîtes, il y a une grande amélioration. On est certain qu'il n'y reste plus d'air, et cette première ébullition facilite même la sortie d'une partie notable de celui qui est contenu dans les substances : le travail est un peu plus compliqué, mais il donne des résultats beaucoup plus constants. Nous devons ajouter que par ce procédé on peut préparer facilement des boîtes de 10 et 20 kilogrammes, ce qui ne peut se faire d'une manière régulière et pratique par les autres méthodes.

Le procédé Fastier a été expérimenté par plusieurs commissions du ministère de la marine, et toujours avec succès : les expériences ont duré plus de douze années, et c'est à la suite de ces expériences que l'administration de la marine a fait élever à Bordeaux, puis à Rochefort, des usines très-importantes sur les indications fournies par M. Fastier, qui dirige la fabrication.

Procédé de M. Chevalier.—M. Chevalier, fabricant de conserves par les méthodes Appert, a breveté une chaudière à *bain-marie concentré*, pour la conservation des substances alimentaires ; cette chaudière à *bain-marie concentré*, c'est le bain-marie couvert d'Appert, muni de soupapes et manomètres, c'est surtout la chaudière à soupapes de M. Fastier ; il n'y a pas là un perfectionnement, mais simplement l'application à la cuisson des conserves, préparées par la méthode Appert, du moyen indiqué par M. Fastier pour les siennes, et encore cette application, faite après ce qu'Appert lui-même a pu dire de la cuisson dans des bains-marie fermés, nous paraît avoir peu de nouveauté.

M. Chevalier trouve dans l'usage de la chaudière à bain-marie concentré une grande commodité, une grande régularité, le manomètre permettant à l'ouvrier de régler la température.

Procédé de M. de Lignac.—En 1854, M. Martin de Lignac a pris un brevet pour la préparation des conserves alimentaires, dites *conserves autoclaves*. Les viandes sont introduites crues, et avec tout ce qu'il faut pour les assaisonner dans des boîtes en fer-blanc qui sont de suite *entièrement* soudées et mises dans un autoclave dans lequel la pression peut s'élever de 2 à 4 atmosphères. Les boîtes y sont laissées un temps variable, suivant leur capacité. On comprend qu'elles résistent parfaitement à cette température, car la pression intérieure de la boîte fait équilibre à la pression extérieure (celle de l'intérieur de l'autoclave). Ce procédé diffère du procédé Appert, en ce que les viandes sont introduites

crues dans les boîtes, et cuites, une seule fois, mais à une température élevée. Il diffère du procédé Fastier, par la fermeture immédiate et complète de la boîte.

Viandes concentrées et comprimées.—Ce procédé est encore de l'invention de M. de Lignac.

En 1854, des objections ayant été faites au procédé précédent, fondées sur le volume considérable des boîtes et de la matière conservée, M. de Lignac chercha un moyen de remédier à ces inconvénients. Il y parvint de la manière suivante : la viande désossée, dégraissée en grande partie, est coupée en morceaux cubiques ayant autant que possible 2 à 3 centimètres de côté. Ainsi préparée, elle est étendue sur des châssis en toile métallique et portée dans une étuve dans laquelle passe un courant d'air vif chauffée entre 30 à 35 degrés ; quand elle a perdu 40 ou 50 pour 100 de son eau de composition, elle est introduite dans des boîtes en fer-blanc dans lesquelles elle est fortement comprimée au moyen de presses à levier, mues à la main, de manière que 1 kilogr. de cette viande, à moitié desséchée, occupe un volume d'un litre. La boîte remplie avec du bouillon concentré est soudée exactement et cuite à l'autoclave ou dans un bain, pendant un temps proportionné à ses dimensions ; la température du bain ou celle du liquide dans l'autoclave est de 112°.

Ces conserves constituent un des produits les meilleurs qui aient été faits dans ce genre. La viande concentrée a un goût qui tient le milieu entre celui de la viande bouillie et celui de la viande cuite au four ; elle est un peu sèche à manger sans autre préparation, mais cependant agréable. Pour la faire revenir entièrement, le meilleur moyen est de la faire tremper pendant quelque temps (deux ou trois heures) dans peu d'eau à une température de 60 à 70 degrés ; elle reprend alors toute sa flexibilité et il est difficile de la distinguer de la viande fraîche.

Le plus grand avantage de ce procédé est l'économie de 50 pour 100 faite sur le fer-blanc, l'emballage et les transports.

Plusieurs commissions nommées par le ministre de la guerre ont été unanimes pour reconnaître que la viande comprimée de M. de Lignac était la seule conserve qui pût prendre place dans le sac du soldat en campagne ; elles ont aussi constaté la parfaite conservation du produit après cinq années.

CONSERVATION PAR LA GLACE.

La glace n'est guère employée que pour transporter des pois-

sons à de certaines distances. Les caisses ou paniers contenant la glace et la pièce à conserver doivent être enveloppés dans d'autres caisses ou paniers remplis de paille, de charbon ou simplement de tiges herbacées, de plantes communes, corps mauvais conducteurs de la chaleur, qui aident à la conservation de la glace.

Dans les fabriques de viandes salées, on fait un très-grand usage de glace quand on veut travailler pendant les chaleurs de l'été; dans tous les cas, c'est un produit coûteux à employer dans les pays chauds, où les approvisionnements sont difficiles et où cependant il peut rendre les plus grands services.

L'appareil inventé par M. Carré, pour la fabrication économique et artificielle de la glace, est, ce nous semble, destiné à en faciliter singulièrement l'application.

Ajoutons cependant que les substances conservées par la glace se putréfient avec plus de rapidité que les autres, toutes choses égales d'ailleurs, dès qu'elles cessent d'être soumises à l'action de cet agent conservateur.

CONSERVATION PAR DESSICCATION.

La conservation des viandes par dessiccation simple est certainement, de tous les procédés, le plus anciennement connu et appliqué; celui qui, aujourd'hui encore, fournit à l'homme la plus grande quantité de produits. Les esclaves des Antilles, et de presque toute l'Amérique, ne mangent le plus souvent pas d'autres viandes que la viande desséchée, expédiée de Rio de Janeiro, et surtout de Buenos-Ayres et Montevideo.

Ce procédé consiste à découper la viande en tranches minces que l'on fait sécher au soleil. Ces produits laissent beaucoup à désirer. La viande desséchée fraîchement n'est pourtant pas mauvaise, et comme elle est peu hygrométrique, elle se conserve assez longtemps à l'air; mais la graisse dont elle est toujours imprégnée, quelque maigre qu'elle soit, finit par rancir, et dès lors la viande est immangeable; de plus, elle est facilement attaquée par les insectes. Il faut donc renfermer la viande séchée dans des boîtes soudées; elle s'y rancit encore, mais beaucoup plus lentement, et si elle y a été mise aussitôt après une dessiccation rapide, les insectes l'attaquent rarement. Néanmoins, c'est toujours un produit très-imparfait; si on le fait bouillir longtemps dans l'eau, on obtient de bon bouillon, mais la viande n'offre plus qu'un tissu fibreux blanc, sans goût, dur et élastique sous la dent.

On a essayé de perfectionner ce procédé de bien des manières. Un premier moyen consistait à tremper pendant quelques minutes les viandes dans l'eau bouillante, et, après cette espèce d'échaudage, à les faire sécher rapidement à l'étuve. Le bouillon résultant du *trempage* était rapproché et prenait bien vite une consistance gélatineuse ; on y trempait alors une deuxième fois les viandes desséchées, elles se recouvraient d'une légère couche de ce bouillon épais, qui durcissait par le refroidissement et se séchait au contact de l'air. La viande était ainsi protégée contre l'action de l'oxygène de l'air et contre les insectes dont on avait détruit les germes. Certes il y a là un perfectionnement, mais le produit n'est pas meilleur : le bouillon seul est bon, comme nous l'avons dit pour la viande simplement desséchée.

Un autre procédé consiste à échauder les viandes dans l'eau bouillante, à les plonger ensuite dans du vinaigre bouillant, puis à les laisser sécher dans une étuve ; les parties grasses se conservent mieux que par les autres procédés, mais la viande n'est pas meilleure.

M. Frichon a proposé un procédé qui a eu un certain retentissement. Après avoir desséché complétement les viandes au moyen d'un courant d'air chaud, il les soumettait à l'action d'une presse hydraulique et réduisait ainsi considérablement leur volume. On comprend que la viande ainsi préparée et ayant la consistance de la pierre se conserve longtemps, mais le produit alimentaire n'était pas de meilleure qualité que par les autres procédés ; les moyens restant les mêmes, les résultats ne changent pas.

Poudre de viande. — Ce produit a été fabriqué en grand, lors de la guerre de Crimée, en 1855, pour le compte du Gouvernement français ; la viande était dégraissée, minutieusement découpée en lanières, séchée complétement dans une étuve chauffée à 90° et aussitôt après réduite en poudre.

Cette poudre blutée et séchée de nouveau, était empaquetée et très-fortement pressée dans des sacs de papier. L'expérience a démontré que cette poudre de viande fraîchement préparée donnait de très-bon bouillon.

Séchage et enduit de gélatine.—Nous devons dire ici un mot d'un procédé qui, il y a quelque temps, a fait grand bruit. On a avancé que la viande fraîche, enveloppée avec soin d'une couche de gélatine, serait par cela même à l'abri de la décomposition ; il n'en est rien. Si la viande était préalablement préparée par un procédé qui lui permît de se conserver, la gélatine appliquée après

coup empêcherait cette viande de se dessécher et la mettrait à l'abri des insectes. Mais la *couche de gélatine*, employée seule comme moyen de conservation des viandes fraîches, ne peut donner que de mauvais résultats; il reste dans la viande assez d'oxygène pour donner lieu à une fermentation lente, mais certaine, que la couche de gélatine n'empêche pas de se produire.

La gélatine a été aussi employée pour entourer et préserver les viandes séchées; ici c'est tout différent, le procédé est rationnel, et il a parfaitement réussi; mais comme la viande sèche est un mauvais aliment, la gélatine n'a pu la rendre meilleure.

FUMAGE, BOUCANAGE.

Le fumage des viandes est un des procédés de conservation les plus anciennement connus. Les mots de *boucanage, boucaner*, viennent de ce que les sauvages de l'Amérique septentrionale ne fument que la chair de jeunes bouquetins; le nom s'est étendu au procédé.

Les procédés de fumage des viandes sont très-divers, et, comme pour le salage, on peut presque dire que chaque pays a ses habitudes. Mais, de tous les procédés, le meilleur, à en juger par la qualité des produits, est celui employé à Hambourg.

La saison du boucanage des viandes est aussi celle du salage. Pendant les premiers mois de l'hiver, les viandes sont plus saines, on choisit des viandes grasses. Il est important, pour le porc surtout, de s'informer de la nourriture que recevaient les animaux, certaines nourritures influant sur la qualité des viandes et surtout des graisses : ainsi les porcs nourris de glands sont les meilleurs ; ceux nourris de résidus de raffinerie et féculerie sont très-mauvais.

La viande débitée en pièces de 3 à 4 kilogrammes est frottée légèrement avec de très-bon sel auquel on a ajouté $\frac{1}{8}$ de nitrate de potasse. Les Anglais, pour la préparation des jambons dits d'York, ajoutent une certaine quantité de sucre au sel qui sert à frotter la viande. Les morceaux sont rangés dans des cuves ou des tonneaux, on remplit avec de la saumure [1] les vides laissés par la viande qui reste ainsi 8 à 10 jours: après ce temps elle est retirée pièce à pièce, lavée dans une dissolution fraîche de chlorure de

[1] La saumure liquide, qui reste dans les barils dans lesquels ont été rangées les viandes salées, est saturée de sel et contient un peu de salpêtre. Elle est souillée par du sang et des particules organiques. On a étendu le nom à la dissolution fraîche de sel marin à saturation.

sodium, puis rangée dans une autre cuve, et recouverte de saumure bien clarifiée, aromatisée avec des feuilles de laurier, des baies de genièvre, etc.

En sortant de ce deuxième bain, lavée de nouveau avec soin dans une dissolution de sel, elle est exposée à l'air pour y égoutter, puis, après une journée ou deux, introduite dans les chambres de fumée.

A Hambourg, les chambres dans lesquelles on fait circuler la fumée sont très-simplement installées. Le fabricant choisit une ou deux pièces, basses de plafond, situées au troisième et au quatrième étage de sa maison. Le foyer produisant la fumée est dans la cave ou dans une cuisine au rez-de-chaussée : c'est une cheminée ordinaire, dont le conduit est intercepté au-dessus de la première chambre, avec laquelle il communique par une ou plusieurs ouvertures.

De cette première chambre, la fumée passe dans les autres par une série de trous ouverts dans les plafonds ayant de 15 à 20 centimètres de diamètre et qui peuvent à volonté être bouchés au moyen de tampons : de la deuxième chambre, la fumée passe dans la troisième et rentre enfin dans le corps de cheminée ou s'échappe directement sur le toit par un conduit supplémentaire.

Ces chambres sont assez éloignées du foyer pour que la fumée y arrive presque froide : les viandes sont suspendues à des perches ou à de grands ardillons en fer ; les plus gros morceaux sont placés dans la première chambre, les autres parties ainsi que les pièces de charcuterie, qui ne peuvent supporter l'action de la fumée qu'à une basse température, sont reléguées dans la dernière pièce.

La fumée doit arriver continuellement dans la chambre, mais non très-abondamment ; on emploie pour la produire des copeaux ou du bois de chêne, mais il est important que ce bois soit très-sec et ne sente pas le moisi ; on peut ajouter, comme cela se fait en Italie, des plantes aromatiques dont la fumée odorante communique un bon goût à la viande. Les autres essences de bois sont peu employées, comme flambant trop facilement et donnant trop de chaleur. Le temps que les viandes doivent passer dans la chambre de fumée est variable, suivant la grosseur des pièces et suivant leur nature, mais on peut dire d'une manière générale qu'il faut de sept à dix semaines.

La viande perd à la salaison qui précède le fumage de 6 à 7 pour 100, au fumage elle perd encore de 8 à 10 pour 100.

Dans nos fermes, en France, on ne prend pas tant de soin pour fumer la viande : on la pend tout simplement dans la cheminée où elle se fume mal, et le paysan qui agit ainsi ne fait pas preuve d'économie, car la viande couverte de suie, imprégnée profondément de sucs noirs, est très-mauvaise. Une simple précaution peut faire éviter cet inconvénient, il suffit d'envelopper avec soin la viande à fumer (après l'avoir salée) d'une double toile. La fumée se tamisant au travers de l'étoffe agit sur la viande avec moins de promptitude, mais donne un produit bien meilleur.

On fume beaucoup plus de poisson que de viande de boucherie : en Russie, sur les bords de la mer Caspienne et du Volga, on trouve des établissements considérables, qui préparent des esturgeons et d'autres poissons qui sont consommés sur tous les points de l'empire.

Le hareng saur est aussi préparé en grande quantité ; pour cette opération on choisit les plus beaux harengs salés que l'on expose à l'action de la fumée : le fumage se fait à une température un peu plus élevée que pour les viandes et ne dure pas plus de vingt-quatre heures.

Comme aliment, la viande fumée est préférable à la viande salée ; elle est plus assimilable et a meilleur goût.

PROCÉDÉS BASÉS SUR L'EMPLOI D'AGENTS ANTISEPTIQUES.

Salaisons.—En première ligne vient se ranger la salaison des viandes, procédé ancien, mais employé encore aujourd'hui sur une vaste échelle, tant pour les viandes de boucherie que pour les poissons.

Chaque pays a son procédé de salage ; aussi nous bornerons-nous à indiquer le meilleur, ou du moins le plus connu et le plus apprécié. C'est en Angleterre et en Irlande que l'on a perfectionné le plus les procédés de salaison des viandes. En France nous sommes, relativement à cette industrie, loin d'égaler nos voisins.

Le but que l'on se propose, en salant la viande, est de la conserver, en l'imprégnant d'un agent antiseptique, le sel. Les saleurs choisissent pour travailler les mois d'octobre et de novembre ; à cette époque de l'année, les animaux sont dans le meilleur état possible, ils ne souffrent plus des chaleurs de l'été et n'ont pas encore eu à supporter les froids de l'hiver.

Le système d'abatage n'est pas indifférent ; celui qui consi

à *énerver* les animaux doit être rejeté ; en effet en sectionnant le bulbe rachidien on détermine une paralysie immédiate de tous les muscles du tronc; l'animal perd très-peu de sang à la saignée, et la quantité retenue dans le tissu capillaire veineux nuit à l'aspect de la viande, ainsi qu'à sa conservation. L'assommage est préférable, mais l'animal n'est pas toujours abattu du premier coup. En Angleterre on fait usage d'une sorte d'emporte-pièce conique dont on frappe, un peu en avant des deux cornes, l'animal qui tombe comme foudroyé, quoique conservant encore assez de vie ou plutôt de contractilité dans ses tissus pour l'expulsion de la presque totalité du sang.

Les animaux destinés à la salaison ne doivent jamais être soufflés ; ils sont dépecés et vidés avec beaucoup de propreté, les grosses veines sont ouvertes et nettoyées avec soin : à l'abattoir l'animal est seulement fendu en deux moitiés, suivant la longueur, et on laisse la viande en repos pendant 6, 8 ou 12 heures, suivant l'état de l'atmosphère ; elle refroidit et prend une grande fermeté.

Après ce temps, l'animal est coupé en quartiers qui sont portés au saloir; on enlève les os longs des membres et on divise la viande par morceaux qui ne doivent pas peser plus de 6 kilogr. ni moins de 2. Chaque pièce est examinée avec soin, nettoyée du sang qui la souille et passée aux saleurs.

On fait usage pour le salage des viandes de sels très-purs et très-blancs. Généralement on en prend deux espèces : 1° des sels fondant facilement, qui servent à frotter la viande; 2° des sels très-secs, qui sont employés surtout dans l'embarillage ; les sels de Setubal (Portugal) sont les plus estimés pour cet usage. Souvent les saleurs font des mélanges : ils ajoutent en tous cas au sel de 2 à 3 pour 100 de nitrate de potasse (salpêtre) destiné à conserver à la viande sa belle couleur rouge, action qui n'est pas scientifiquement reconnue.

Quand les sels sont en cristaux trop gros, il faut les broyer et les tamiser.

Le saleur saupoudre la viande avec du sel, et, pour mieux faire pénétrer celui-ci dans les tissus, il frotte pendant une minute ou deux chaque pièce, en tous sens, avec la main garnie d'un gros gant de cuir ou de laine, et la livre à un deuxième ouvrier qui la frotte de la même manière. La viande passe ainsi successivement dans les mains de trois ou de quatre ouvriers ; le dernier, plus expérimenté, examine chaque pièce, écarte les gros

uscles et fait pénétrer le sel dans les points qui n'en avaient ıs encore reçu.

Dans les petites fabriques, la viande est de suite rangée en ırils, mais dans les grands ateliers il n'en est pas de même. ›rès avoir été suffisamment frottée, la viande est étendue sur s tables en pierre inclinées, on les saupoudre encore de sel s'il fait chaud on les couvre de glace; il s'écoule déjà de la umure. Après 12 heures de repos, la viande, frottée de nouveau, ıis peu de temps, est rangée dans de grandes cuves qui con-›nnent quelquefois jusqu'à 20 bœufs. Ces cuves ont un double ɔd percé de trous et qui communique à l'extérieur au moyen ın conduit en bois. Le saleur range chaque pièce avec soin, et, r chaque couche, répand un peu de sel. Quand les cuves sont ɜines, il recouvre la viande avec des planches sur lesquelles il ɜt des poids ou des pierres lourdes, pour exercer une certaine mpression. La viande est laissée en repos pendant 8 à 10 jours; ı se contente de l'arroser tous les matins avec de la saumure ıe l'on pompe du fond.

Au bout de cette première période, la viande est retirée pièce pièce et rangée de nouveau, toujours en la saupoudrant d'un ›u de sel, dans une cuve voisine; de cette manière les morceaux ıi étaient au fond de la première cuve se trouvent former le ›ssus de la deuxième. On laisse encore la viande huit jours en ›pos, en l'arrosant de saumure tous les matins. A la fin de cette ›uxième période, la viande est prête à être embarillée.

Dans les opérations que nous venons de passer en revue on nploie, pour 100 kilogr. de viande, environ 12 kilogr. de sel ont une partie seulement reste dans les tissus, le surplus se ésout en saumure.

Les barils dont on fait usage ont des dimensions déterminées, eules acceptées du commerce : avant d'être employés ils sont ıettoyés avec soin et frottés intérieurement avec du sel. Au mo-nent d'y mettre la viande, on recouvre le fond d'une couche de el de 2 à 3 centimètres d'épaisseur; on range alors chaque pièce uivant un ordre déterminé, on tasse fortement en frappant avec ıne masse de bois, et chaque rang est saupoudré de sel. Arrivé ıu milieu du baril, le saleur met une deuxième couche de sel le 2 à 3 centimètres et continue à placer la viande régulièrement, n laissant le moins possible d'intervalle entre les morceaux; endant ce travail on peut ajouter des baies de genièvre, des ɜuilles de laurier et de thym. Quand le baril est comble on y

comprime fortement la viande et on la recouvre d'une dernière couche de sel.

On fonce le baril avec beaucoup de soin, il est couché sur le côté et déposé dans un endroit frais : par la bonde on le remplit de suite de saumure. On peut employer celle qui provient des cuves et que l'on filtre préalablement dans des chausses; souvent même on la fait cuire pour faciliter la séparation des matières organiques qui la colorent, en les coagulant par la chaleur, souvent aussi on remplace la saumure ancienne par une dissolution fraîche de sel marin. On laisse le baril en repos, la bonde ouverte, pendant deux ou trois jours; on le remplit une dernière fois avec de la saumure et on le ferme définitivement; il est alors prêt à être livré au commerce.

La dernière opération, l'embarillage, emploie 10 pour 100 de sel à peu près; il faut donc 20 à 22 kilogr. de sel et 2 kilogr. de salpêtre pour préparer entièrement et convenablement 100 kilogr. de viande.

La viande perd au dépeçage, au découpage, par les gros os que l'on retire, par déchet et par évaporation, 4 pour 100 de son poids; elle perd encore 5 pour 100 au salage, ce dernier chiffre augmente un peu en raison de l'ancienneté de la préparation.

Les ateliers de salaison des viandes doivent être très-aérés et très-frais; on doit les laver souvent et les tenir avec une extrême propreté. Leur température doit être autant que possible basse et invariable comme celle des caves, aussi est-il avantageux de les placer en sous-sol. Les cuves sont généralement en bois, cependant nous en avons vu à Hambourg qui étaient construites en carreaux et ciment de Portland. Ces murs ont l'inconvénient de se salpêtrer très-rapidement.

Il nous reste à dire quelques mots du salage des poissons.

Le poisson se sale deux fois. Au moment où il est pêché, il est vidé et salé, puis rapporté; après la pêche il est lavé dans sa saumure, nettoyé avec soin, salé de nouveau et embarillé.

Les viandes salées ne sont pas, au point de vue hygiénique, un bon aliment : les marins en font un grand usage et attribuent à leur emploi prolongé une partie des maladies, le scorbut entre autres, auxquelles ils sont sujets. Selon M. le Dr Robin, le sel agit sur la viande en décomposant certains de ses éléments, et transformant les tissus en substances inassimilables et inertes, sinon nuisibles. Les viandes salées sont d'ailleurs manifestement moins alimentaires que les viandes fraîches et sont loin d'être

agréables. Il est fort difficile de les faire revenir complétement; elles conservent toujours une saveur âcre, fort déplaisante, une consistance de cuir et un aspect racorni, qui ne contribuent pas peu à en restreindre l'emploi.

Les salaisons de poisson sont un meilleur produit que celles de viande; aussi s'en fait-il une consommation immense. Avant de les faire cuire, il faut avoir soin de les dessaler en les laissant tremper quelques heures dans l'eau.

Salaison par injection.—Ce procédé, présenté en 1841 à l'Académie des sciences, par J.-N. Gannal, consiste à injecter dans les artères d'un animal nouvellement abattu, et saigné autant que possible, une solution de chlorure d'aluminium pur, marquant 12° à 15° Baumé. Le chlorure d'aluminium est un sel d'une innocuité certaine : la quantité de sel ainsi injectée n'est même pas assez considérable pour rendre les viandes suffisamment sapides, et on est obligé d'ajouter du sel pour en faire usage comme aliment. On sait aujourd'hui qu'une injection faite avec soin dans une artère passe nécessairement dans toutes les parties de l'animal injecté. Ce procédé n'est pas appliqué industriellement.

Emploi de l'acide sulfureux.—Il y a quelques années, on a beaucoup parlé d'un procédé d'une simplicité extraordinaire. L'inventeur était M. Lamy, professeur de mathématiques à Clermont-Ferrand; l'agent conservateur était l'acide sulfureux.

L'acide sulfureux est indiqué depuis longtemps comme agent antiseptique, et il n'est pas de professeur de chimie qui, en traitant de ce corps, ne présente à ses élèves des viandes conservées dans des flacons dans lesquels on a dégagé de l'acide sulfureux. Plus de dix brevets ont été pris pour l'emploi de ce gaz, comme agent de conservation; aucun n'est mis en pratique.

Emploi du vinaigre.—Le vinaigre, comme agent de conservation des viandes fraîches, est peu employé; on n'en fait usage que pour conserver les viandes quelques jours. Ce n'est pas que les viandes s'altèrent, surtout si avant l'immersion elles ont été légèrement salées, au contraire on peut ainsi les conserver quatre et cinq mois, mais au bout de ce temps elles ont perdu toute leur saveur. Le vinaigre est cependant un bon agent antiseptique, il est principalement employé à préparer les condiments végétaux.

Emploi de l'esprit-de-vin, alcool.—Nous ne dirons que deux mots de l'emploi de l'alcool comme agent antiseptique : on s'en est servi quelquefois pour transporter des viandes, et ses propriétés conservatrices sont connues; mais après avoir trempé dans l'al-

cool quelque temps les viandes n'ont plus aucun goût. L'alcool a été employé pour conserver des cadavres entiers ; et souvent les animaux curieux trouvés dans nos colonies sont rapportés en France, renfermés dans des barriques d'alcool ou de rhum.

II.—CONSERVATION DU LAIT.

La conservation du lait a été l'objet des recherches les plus nombreuses et les plus variées; Appert lui-même a fait beaucoup d'essais qui sont restés infructueux : en dernière analyse il s'est contenté d'emboîter le lait frais et de le soumettre alors à l'action du bain-marie. C'est encore ainsi que l'on opère dans les fabriques de Nantes et de Paris. Cette conserve est bonne quand elle est fraîchement préparée, mais après quelques mois, par le mouvement continuel que supportent les boîtes dans les voyages, les éléments du lait se séparent, il se forme des grumeaux de beurre, de crême et des flocons de caséum qui nagent dans le petit-lait.

M. Mabru a très-ingénieusement modifié ce procédé, comme mode opératoire et comme système de fermeture. Il conserve aussi le lait sans addition et sans concentration, mais son produit a les mêmes inconvénients que celui d'Appert.

Le procédé de Braconnot, qui séparait les éléments du lait et les conservait isolément, était une opération de laboratoire.

PROCÉDÉ DE M. DE LIGNAC.

Le 6 décembre 1847, M. de Lignac prit un brevet pour un procédé de conservation du lait. Voici comment il opère : il fait dissoudre dans 100 kilogr. de lait frais 10 kilogr. de sucre blanc, après quoi il verse son lait sur de grandes bassines très-longues et très-plates qui reçoivent ainsi une couche de 3 cent. d'épaisseur à peu près.

Ces appareils, construits en cuivre étamé, plongent dans une chaudière de même forme, en fonte, pleine d'eau et chauffée par une circulation de vapeur à 112° correspondant à une atmosphère et demie : ils sont parfaitement combinés, un seul ouvrier suffit pour conduire le travail d'évaporation et le chauffage du générateur. La température à laquelle est soumise le liquide à évaporer ne peut s'élever au-dessus de 90°, on la maintient entre 75 et 80. Ainsi l'évaporation se fait dans les meilleures conditions possibles. Il faut avoir soin, surtout à la fin, de remuer constamment pour qu'il ne se forme pas de crême.

Quand le lait est suffisamment évaporé, qu'il a pris la consis-

tance du miel, il est introduit dans des boîtes de fer-blanc qui sont ensuite fermées, soudées, puis passées au bain-marie ou à l'autoclave comme les autre conserves. Ce lait se présente avec une même consistance de miel; il est jaunâtre et a une odeur forte, comme toutes les conserves concentrées, odeur mixte qui participe de celles du beurre, de la crème et un peu de la mélasse; à la cuisson, cette odeur disparaît. Ce lait, dissous dans trois fois son poids d'eau, donne un produit fort difficile à distinguer du lait sucré ordinaire; il bout et monte comme le lait frais et se couvre d'une couche de crème. La boîte ouverte peut se conserver quinze jours facilement, avantage précieux que n'ont pas les conserves Appert.

En résumé, et dans l'espèce, c'est le produit le plus complet qui ait jamais été présenté; nous ne lui connaissons qu'un défaut, son prix élevé. Cependant on en fait usage pour les malades à bord des bâtiments de l'Etat.

PROCÉDÉ DE M. GRIMEWADE.

Parmi les moyens proposés pour la conservation du lait, il en est un, patenté en Angleterre en octobre 1855, et exploité sur une grande échelle par l'inventeur, M. T. Grimewade, qui se distingue à la fois par des moyens ingénieux et des produits excellents.

Voici en quoi consiste ce procédé : on prend le lait aussi frais que possible, on y ajoute un peu de sucre et de carbonate de soude (les quantités ne sont pas déterminées dans la spécification du brevet); le lait ainsi préparé est soumis à une rapide évaporation; à cet effet il est versé dans un vase en fer-blanc, suspendu sur deux tourillons et pouvant osciller comme un fléau de balance. La température étant élevée vers 160° Fahrenheit par la circulation d'eau chaude dans le double fond de l'appareil, le lait se réduit rapidement et prend la consistance de la mélasse, le mouvement spécial communiqué à l'appareil facilite l'évaporation sans causer la formation de beurre.

Le lait épaissi est alors vivement transvasé dans des vases émaillés ou dans des vaissseaux en marbre ou en porcelaine, mais non métalliques; chauffé à peu près à 160°, il est remué avec des spatules, jusqu'à ce que ce travail devienne difficile; la consistance est alors égale à celle d'une pâte ferme.

Cette matière est de suite passée entre deux cylindres en granit ou en toute autre substance non métallique, agissant avec une

grande force, et qui la transforment en de minces rubans ressemblant un peu à la pâte de gaufre ou de pain à chanter; dans ce travail les dernières traces d'humidité sont enlevées par l'action d'un courant d'air sec soufflé sur les cylindres.

Aussitôt que possible, après ce premier broyage, on casse ces bandes grossièrement et on les fait passer sous des meules en granit ou en marbre, menées à différentes vitesses et par lesquelles elles sont réduites en une poudre fine qui est aussitôt desséchée complétement et emballée dans des vases bien fermés.

Pour l'emploi il faut ajouter à la poudre huit fois son poids d'eau. Il y a donc là une réduction de volume énorme et une facilité spéciale pour l'arrimage. Une expérience faite sur une conserve de *quatre années* a donné un produit qui se comporte exactement comme du lait frais.

III.—CONSERVATION DU BEURRE.

On conserve le beurre de plusieurs manières : le procédé le plus employé est le salage.

Après avoir étendu le beurre en couches minces sur une table, on le saupoudre de sel gris ou blanc, très-sec, broyé aussi fin que possible ; le beurre est alors malaxé ou mélangé avec un rouleau. La quantité de sel à employer varie suivant que l'on veut avoir du beurre demi-sel, salé moyennement ou sursalé. On emploie 1 kilogr. de sel pour 12 à 20 kilogr. de beurre.

Le beurre doit être foulé avec soin dans les pots, qui sont préalablement échaudés dans l'eau bouillante.

On a préconisé une composition qui, dit-on, conserve le beurre plusieurs années. On mélange en broyant finement et simultanément 100gr de sucre, 100gr de nitre et 200gr de sel commun. Il faut 60gr de cette poudre par kilogr. de beurre. On pétrit et malaxe avec soin le beurre avec la poudre, puis on met en barils.

Nous ne faisons qu'indiquer ce procédé que nous n'avons jamais mis en pratique.

Le beurre fondu est un produit très-employé, surtout pour les expéditions en pays étrangers ou sur mer. On fond le beurre au bain-marie ou à feu nu. On écume au fur et à mesure, et si on opère à feu nu, on laisse chauffer jusqu'à ce que l'eau réunie sous le beurre bouille ; on le laisse alors reposer, et quand la masse est tiède on le décante avec soin en laissant au fond du chaudron le dépôt qui s'y est formé. On peut ajouter un peu de sel, ce qui fa-

cilite encore sa conservation. Le beurre fondu est une ressource précieuse; mais c'est un produit d'assez mauvaise qualité, et qui altère sensiblement le goût des aliments pour la préparation desquels il est employé.

Dans ces derniers temps, nous avons vu du beurre conservé par un procédé très-simple : on met une partie de beurre dans une boîte de conserve en fer-blanc (4 à 500 grammes pour une boîte de litre), on remplit la boîte d'eau, on ajoute deux petits paquets servant à faire l'eau de Seltz (un de bicarbonate de soude, un d'acide tartrique), et on soude de suite la boîte. Du beurre ainsi conservé a été expédié dans le Honduras, et lorsqu'on a ouvert la boîte après six mois, le contenu a été trouvé parfait. Ce procédé est nouveau, il est breveté, mais n'a pas encore été mis en pratique industrielle; aussi n'en disons-nous qu'un mot.

IV.—CONSERVATION DES ŒUFS.

La conservation des œufs a préoccupé et préoccupe encore aujourd'hui les savants et les industriels.

Musschen-Brock, savant de l'Université de Leyde, mort en 1761, fit des recherches sérieuses sur les moyens de conserver les œufs : ce qui lui réussit le mieux, ce fut de les plonger dans de l'huile de raves. Le savant physicien Réaumur, qui vivait à la même époque, s'occupa aussi de la conservation des œufs. Il constata la filtration de l'air au travers de la coque et lui attribua avec raison leur décomposition; aussi indiqua-t-il, comme moyen de l'empêcher, l'emploi d'un vernis ou toute autre matière qui pourrait s'opposer au passage de l'air.

Il est à remarquer que les savants qui se sont occupés de cette question conseillent de prendre des œufs du jour et des œufs *non fécondés.* Parmentier a même publié que les œufs non fécondés se conservaient parfaitement, sans aucune préparation, même à une température de 34° pendant plus de trente mois. Il cite à l'appui de son assertion plusieurs exemples. Si l'expérience la confirmait, il n'y aurait pas besoin d'autres moyens de conservation.

Appert a aussi conservé des œufs; il les introduisait dans une bouteille qu'il remplissait ensuite de chapelure pour les empêcher de se casser les uns contre les autres, et mettait la bouteille exactement bouchée dans un bain-marie dont la température était élevée à 70 degrés seulement; il laissait les œufs dans ce

bain quelques minutes, les retirait et les livrait après à la consommation; ce procédé est encore employé.

En 1820, un industriel obtint la permission de vendre des œufs frais en plein hiver; c'était au moyen d'un bain d'eau de chaux que les œufs étaient préservés de la décomposition. La chaux, pénétrant au travers des pores de la coque, décompose la première couche d'albumine et forme un véritable ciment qui empêche l'air de pénétrer; en outre, il reste de la chaux dans les pores de la coque, ce qui facilite encore la conservation. Ce procédé, très-connu aujourd'hui et très-employé, est certainement le meilleur et le plus économique. Les œufs rangés dans des terrines ou des barriques sont couverts d'eau de chaux. On les y laisse jusqu'à ce que l'on veuille en faire usage. On a encore indiqué, comme moyen de conservation, de plonger les œufs dans l'eau bouillante pendant quelques secondes; l'albumine qui touche la coque se coagule et préserve ainsi l'intérieur de l'œuf de toute altération.

La gélatine, appliquée en couches minces sur les œufs, les préserve aussi parfaitement.

Nous devons parler maintenant d'un procédé qui ne se propose plus la conservation de l'œuf entier, mais des éléments de l'œuf.

Pour conserver le blanc d'œuf à l'état liquide, on lui ajoute quelques millièmes de benzine; pour l'obtenir à l'état solide, en lui conservant sa solubilité, on le dessèche dans des étuves à basse température. Le jaune d'œuf sert pour la préparation des peaux et notamment des peaux de gants. M. Mosselmann le conserve liquide au moyen d'une addition de 2 pour 100 de sulfite de soude, ou à l'état solide en faisant baigner les jaunes entiers dans l'eau saturée de sel avec du sel en excès. Au bout de douze heures de contact, les jaunes qui ont déjà pris de la consistance sont retournés. Vingt-quatre heures après ils sont suffisamment durcis pour pouvoir être séchés spontanément; ils prennent alors l'aspect d'abricots confits; ces jaunes n'ont rien perdu de leur qualité, ils peuvent, délayés dans l'eau, servir aux usages industriels et même aux usages culinaires les plus délicats.

V.—CONSERVATION DES LÉGUMES ET DES FRUITS.

Nous n'avons pas à parler de nouveau du procédé Appert et de tous ceux qui en dérivent. Ce que nous en avons dit à propos des viandes s'applique aux légumes. Les précautions à prendre dans ces préparations ne constituent que des points de détail.

CONSERVATION PAR DESSICCATION ET COMPRESSION.

Dans tous les pays, et depuis les temps les plus reculés, on dessèche, soit au soleil, soit dans des fours, des plantes médicinales ou celles employées dans l'industrie, les légumes et surtout les fruits; cependant, malgré leur ancienneté, les procédés employés étaient assez peu perfectionnés, et les produits, pour la plupart, laissaient beaucoup à désirer; il n'en est plus de même aujourd'hui.

En 1844, M. Masson, continuant les travaux commencés quelques années auparavant par MM. Allain et Sylvestre, présenta des choux conservés par un *nouveau procédé* qui consistait à *exposer les feuilles de choux au soleil sur des claies après les avoir séparées les unes des autres*. Le procédé n'était pas très-neuf. En 1850, M. Masson soumit ces choux desséchés à l'action énergique d'une presse hydraulique : c'était à la fois un moyen de conservation et un excellent procédé d'emballage qui permettait de renfermer, sous un très-petit volume, d'énormes quantités de matières alimentaires. Là fut véritablement l'invention, l'application nouvelle et utile.

Vers la même époque, J.-N. Gannal, en continuant ses travaux sur la conservation des matières animales et végétales, appliquait à la dessiccation en général et comme moyen de conservation un appareil nouveau et d'une puissance extrême, qui simplifiait et facilitait l'opération.

Unissant et exploitant ces deux inventions, y apportant successivement des perfectionnements et des modifications qui lui étaient indiqués par la pratique, M. Chollet réalisa la donnée scientifique et fut, à vrai dire, le véritable promoteur de cette industrie importante, dont les produits font aujourd'hui partie des approvisionnements militaires et maritimes.

Voici quels sont les procédés aujourd'hui employés dans les usines de MM. Chollet et Ce : les légumes épluchés avec soin, lavés et coupés, sont cuits complétement dans des appareils particuliers et par la vapeur d'un générateur à haute pression. La température à laquelle les légumes sont soumis, dans les appareils à cuire, est de 112° à 115°. Le système de fermeture, empêchant la vapeur de sortir, maintient la pression.

Par suite de cette grande élévation de température, les légumes sont cuits en quelques minutes.

En sortant des appareils à cuire, les légumes sont rangés dans

les séchoirs sur des châssis en canevas. Ces séchoirs consistent en armoires cubant environ 2 mètres, ayant 1 mètre de profondeur, 1 mètre de largeur et 2 mètres de hauteur à peu près. Dans l'intérieur, sur des tasseaux, sont rangés les châssis. Au-dessus est un ventilateur à force centrifuge qui, aspire l'air contenu dans le séchoir, et en force le renouvellement continuel. Cet air, avant d'entrer dans l'appareil, s'échauffe en parcourant les conduits d'un calorifère et atteint 45° et marque 5/100 de saturation à l'hygromètre. En sortant de l'appareil il est à 28 à 30° et presque saturé d'eau. La quantité d'air qui traverse les appareils est de 1m,5 cube à la seconde. On comprend facilement que, sous l'action desséchante d'un semblable courant d'air, l'humidité abandonne les végétaux avec une grande facilité.

Les légumes restent de deux à quatre heures dans ces appareils; en en sortant ils sont secs et très-cassants; aussi est-il nécessaire de les exposer quelque temps à l'air pour qu'ils reprennent une certaine quantité d'humidité qui les rend flexibles et maniables. Par la dessiccation, les légumes perdent de 90 à 96 pour 100 d'eau; les pommes de terre, 70 à 78 pour 100; par leur exposition à l'air, ils reprennent de 1 à 2 pour 100.

Ainsi préparés, les légumes ensachés sont rentrés dans les magasins. On les expédie sous deux formes : comprimés ou non comprimés. Les légumes à comprimer sont pesés et rangés dans des presses hydrauliques d'une construction spéciale. Ils en sortent réduits des 7 dixièmes du volume qu'ils occupaient au sortir des appareils de dessiccation. Ils ont la consistance du bois de sapin, mais reviennent facilement dans l'eau et reprennent entièrement la couleur et la forme de légumes frais.

Les légumes non comprimés sont emballés dans des sacs de papier ou des boîtes de carton. Les légumes comprimés font partie des provisions de bord et de troupes; les autres sont plutôt consommés dans les villes. Pour les expéditions maritimes, on met toujours les légumes desséchés dans des caisses en zinc soudées ou exactement fermées.

La cuisson des légumes par la vapeur à haute pression ne présente pas comme seul avantage la rapidité avec laquelle le travail peut s'exécuter; l'expérience a démontré que cette pratique est d'une importance immense, en voici les raisons :

1° Les légumes non cuits perdent en peu de temps leur goût et leur odeur, par suite d'une décomposition lente de leurs éléments sucrés et amylacés;

2° Il en est de même de la couleur qui pâlit par la simple dessiccation et disparaît bientôt à la lumière du jour;

3° Les insectes qui vivent de légumes, les mites qui s'y mettent ne tardent pas à les détériorer, la dessiccation simple ne suffisant pas à détruire les germes.

4° Enfin, leur préparation comme aliments est très-longue, et ils restent, malgré tout, durs et filandreux.

Il en est tout autrement des légumes qui ont été soumis à l'action de la vapeur.

Par la cuisson, à une température élevée au-dessus de 100°, les principes qui déterminent la décomposition des matières sucrées et amylacées, l'albumine et les produits azotés analogues sont décomposés et leur action est annihilée. La coloration du végétal est conservée et les germes animaux sont détruits. En outre, les légumes ne sont pas lavés autant que par la cuisson à l'eau. Disons cependant que pour quelques légumes cette cuisson à l'eau est aussi employée et avec avantage; principalement pour ceux que l'on est obligé de blanchir fortement avant d'en faire usage.

Enfin il suffit de très-peu de temps d'ébullition dans l'eau pour que ces produits desséchés reprennent tout à fait l'apparence de légumes frais et soient sufffisamment cuits, ne conservant rien de la dureté de ceux qui sont desséchés sans cette cuisson préalable.

CONSERVATION PAR AGENTS ANTISEPTIQUES.

Le vinaigre est très-employé pour la préparation des condiments, on s'en sert pour conserver toutes sortes de légumes qui, après quelque temps, prennent un goût de vinaigre très-légèrement modifié par la saveur qui leur est particulière. Ces végétaux, convenablement épluchés et mondés selon leur nature, puis déposés dans des vases bien clos où se trouve un vinaigre fort, se conservent longtemps; l'addition du sel augmente les chances de conservation; les cornichons, les câpres, les petits pois, etc., se préparent ainsi. Tous ces produits, fortement épicés, sont des condiments, mais ne peuvent pas être considérés comme de véritables aliments.

L'usage de l'alcool, pour conserver les fruits, se trouve restreint à quelques espèces seulement : les cerises, les pêches, les abricots, les prunes, les poires, etc. Le mode opératoire varie suivant l'espèce : tantôt on place les fruits dans l'eau-de-vie additionnée

de sirop de sucre, sans leur avoir fait subir de cuisson (cerises); tantôt on les met dans le sirop bouillant et on les y laisse quelques minutes seulement (prunes); d'autrefois, enfin, on leur fait subir une cuisson préalable (poires).

Le sucre est aussi très-employé pour la préparation des fruits, des pâtes, des confitures, des gelées, etc., mais ce ne sont plus là de véritables procédés de conservation. Les produits primitifs sont si complétement transformés, que l'on a souvent peine à retrouver même leur goût caractéristique.

CONSERVATION DES LÉGUMES PAR LE SEL.

L'emploi du sel, comme agent de conservation des substances végétales alimentaires, est beaucoup plus étendu : dans les hôpitaux surtout, on conserve tout l'hiver des légumes simplement empilés dans de grands pots de grès et salés au fur et à mesure de leur introduction dans le vase; les légumes ainsi préparés perdent une partie de leur eau et ont un aspect ridé peu avantageux; l'eau qu'ils abandonnent forme une espèce de saumure dans laquelle ils trempent. Le produit que l'on obtient par ce procédé fort simple n'est pas de première qualité, mais il est très-économique.

La fabrication de la choucroûte, fondée sur la conservation par l'emploi du sel, forme une véritable branche de commerce, et certains pays, Strasbourg en tête, ont acquis une grande célébrité dans la préparation de cette conserve.

Pour fabriquer la choucroûte (*sauer kraut* des Allemands), on choisit les plus beaux choux ; l'espèce de cabus, dits choux d'Alsace, dont la feuille est très-mince, est la meilleure ; on enlève les mauvaises feuilles, puis on coupe les bonnes en lanières très-ténues, au moyen d'une espèce de rabot, : c'est la finesse de la lanière qui fait la qualité du produit. Les choux ainsi coupés sont rangés dans des cuves plus ou moins vastes, par couches de 5 à 10 cent. et saupoudrées de sel, à raison de 1 kilogr. de sel pour 50 kilogr. de choux. On ajoute aussi assez souvent quelques aromates, du poivre, des baies de laurier, de genièvre, du cumin ou de l'anis, en très-petite quantité ; il vaut beaucoup mieux melanger intimement le sel avec les choux coupés, avant la mise en cuve, mais ce travail demande beaucoup d'espace, ce dont on ne peut pas toujours disposer. Un ou deux hommes descendus dans la cuve rangent au fur et à mesure les choux, et, en marchant, compriment également tous les points de la cuve jusqu'à

ce qu'elle soit pleine. On la couvre alors d'une toile, de planches et de poids, et on laisse fermenter. La fermentation est plus ou moins longue à se produire, suivant la dimension des cuves. En été, dans les grandes chaleurs, en huit jours elle est complète, si les choux ont été placés dans des barriques de 300 à 400 litres. Il ne faut jamais moins de vingt-cinq jours quand les cuves sont d'une grande capacité (18 à 20,000 litres). En hiver, les choux peuvent passer toute la saison dans les cuves sans inconvénient. On peut cependant activer la fermentation en ajoutant un peu de vinaigre, de cidre, ou tout autre liqueur fermentée que l'on verse avec le sel en emplissant la cuve. On ne doit jamais ôter l'eau qui est sur les choux et qui couvre bientôt les planches et les poids qui chargent la cuve.

Quand la fermentation se développe, on voit des bulles de gaz s'échapper et le liquide monter et passer par-dessus les bords de la cuve. On reconnaît que le travail est terminé et que les choux sont transformés en choucroûte, quand ils ont acquis le goût caractéristique de ce produit et pris une belle couleur d'un jaune blanc. Le contenu des cuves s'est alors affaissé, l'écume et le liquide qui le surnagent ont une saveur piquante et une odeur acide. Dès lors, on doit embariller le produit, le presser fortement dans les tonneaux remplis avec de la saumure et le tenir dans un endroit frais ; il est prêt à être vendu. Le chou, dans cette transformation, perd à peu près 33 pour 100 d'eau. On peut développer la fermentation, acide pour tous les légumes. La choucroûte est un bon aliment plus facile à digérer que le chou lui-même et d'une très-facile conservation. Les populations du Nord en font un usage continuel : c'est, du reste, un produit peu coûteux.

CHAPITRE III.

CONSERVATION DES SUBSTANCES VÉGÉTALES ET ANIMALES NON ALIMENTAIRES.

I. CONSERVATION DES BOIS.

Le déboisement de vastes étendues de terrain, la lenteur du renouvellement des forêts, les besoins toujours croissants de la consommation depuis l'établissement des chemins de fer, toutes ces causes donnent aux procédés de conservation des bois une grande importance : aussi, depuis longtemps, l'esprit des savants est-il tendu vers la solution de ce problème. Aujourd'hui, on peut le considérer comme résolu. La conservation des bois, cessant d'être une opération de laboratoire, a pris place au rang des plus belles conquêtes scientifiques de notre siècle.

Si on a pu contester à M. le docteur Boucherie les premières tentatives de conservation des bois, on ne peut lui enlever le mérite d'avoir trouvé des moyens originaux, et d'avoir, par sa courageuse persévérance, contribué plus que personne à créer une industrie qui fournit aujourd'hui des produits présentant les garanties les plus sérieuses de bonne conservation.

Les causes de la décomposition des bois sont multiples. En première ligne, il faut ranger l'humidité et l'air, qui déterminent par leurs actions combinées la fermentation des principes azotés des tissus ligneux et qui jouent ici encore, quoique se trouvant en faibles proportions, le rôle que nous leur avons reconnu dans la fermentation des matières animales. Ils facilitent le développement de végétations cryptogamiques qui détruisent à la longue toute la fibre ligneuse et aussi celui des *termites*, des *tarets*, et de beaucoup d'autres sortes d'insectes, de vers, de mollusques qui rongent d'abord l'écorce, puis pénètrent jusqu'au centre du bois et en pulvérisent à la longue la masse entière.

Tous les procédés qui ont été essayés pour combattre la fermentation ou détruire les germes animaux ou végétaux ont pour but de faire pénétrer dans le tissu ligneux des agents très-divers : suif, goudron, créosote, sel marin, sulfate de cuivre, de zinc, de fer, chlorure de zinc, de calcium, etc. Les propriétés antiseptiques de la créosote sont parfaitement et depuis longtemps connues, mais elle ne sont pas encore très-bien expliquées ; ce liquide

ɔagule à la vérité l'albumine végétale, mais cela ne justifie que ·ès-imparfaitement son mode d'action, car l'albumine coagulée ıns créosote est putrescible.

Le sulfate de cuivre et quelques autres solutions salines ont un ıode d'action un peu plus connu, ils décomposent les principes zotés des tissus organiques et les transforment en produits impu-·escibles; ils empêchent en outre les insectes d'attaquer les bois.

Les graisses, les suifs, les résines agissent en préservant les ois de l'humidité et de l'action de l'air.

Les moyens employés pour faire pénétrer la substance conser-atrice sont aussi très-différents les uns des autres : nous les xaminerons successivement.

Pénétration des bois par immersion. — Ce sont les procédés ɜs plus anciennement connus : dès 1657, Glauber écrivait *ue pour conserver les bois il fallait* 1° *les enduire de goudron végétal* ° *les immerger dans l'acide pyroligneux*. Nous avons sous les yeux 2 recettes relatives à l'immersion : les agents employés sont très-ariés, ce sont des suifs, des résines, des dissolutions salines, etc. 'resque tous les procédés anciens sont aujourd'hui oubliés. Ce-endant, en Angleterre, on fait un grand usage de la créosote our conserver les bois, le procédé suivi est connu depuis long-ɜmps : il consiste, à sécher complétement les pièces de bois dans ıne étuve au sortir de laquelle elles sont plongées dans des chau-ıières contenant des huiles de goudron de bois, chauffées à 60°; a créosote pénètre presque jusqu'au centre des pièces qui, ainsi ıréparées, se conservent parfaitement.

Les matières grasses ou résineuses, seules ou mélangées, sont ıussi d'un très-bon usage. Employées à chaud, elles pénètrent ıssez profondément les bois qui y sont immergés et qui ainsi raités se conservent très-longtemps à l'abri de toute altération. ᒪe sulfate de cuivre est aussi très-souvent employé pour prépa-:er par immersion les pièces de bois d'un faible équarrissage.

Par la succion vitale. — Ce procédé de pénétration, appliqué .ndustriellement pour la première fois par M. le docteur Bou-ɔherie en 1832, avait été découvert par Hales, expérimenté plus tard par Bonnet en 1754, et par Duhamel en 1764. M. Bou-ɔherie met à profit la force vitale des arbres et la circulation de la séve pour entraîner, distribuer dans toutes leurs parties et jusque dans le tissu des feuilles le liquide doué de propriétés conservatrices. Plus tard, ayant constaté que la faculté de circulation de la séve se maintient un certain temps après que l'arbre a été

abattu et dépouillé de son feuillage, M. Boucherie a substitué un mode de préparation plus simple et plus économique. Néanmoins celui qui nous occupe est encore mis en pratique dans quelques circonstances. Voici comment il est appliqué :

On pratique horizontalement, sur la tige de l'arbre que l'on veut préparer et à 26 ou 30 centimèt. au-dessus du sol, deux traits de scie parallèles et opposés, intéressant à peu près un tiers de l'épaisseur du bois; ces incisions sont recouvertes d'une bande E de plomb ou de toile imperméable solidement liée ou clouée au-

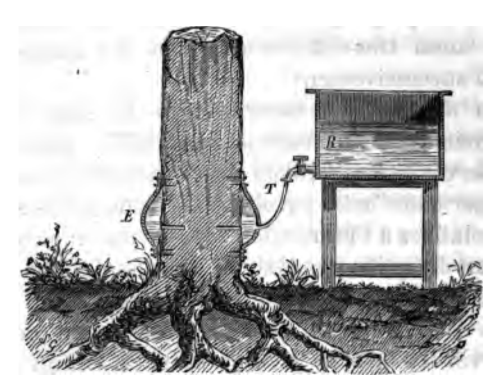


Fig. 311.—Pénétration du bois par la succion vitale.

dessus et au-dessous : cette sorte de poche communique à un réservoir R dans lequel est versé le liquide conservateur qui pénètre ainsi dans la poche, puis dans les incisions où il est aspiré par la force de succion de l'arbre dont il imprègne bientôt toutes les parties.

Par pression mécanique.—En 1831, Bréant imagina un appareil dans lequel il plaçait les bois qu'il soumettait au liquide conservateur : c'était un grand cylindre vertical très-solidement construit et muni de soupapes. Au moyen d'une pompe hydraulique, cet appareil était rempli et soumis à une pression intérieure de 10 atmosphères qui forçait le liquide à pénétrer dans toutes les parties du bois.

Ayant reconnu que l'air et les autres gaz contenus dans le tissu ligneux s'opposaient à la pénétration, il *soutirait cet air en produisant un vide au moyen de la vapeur*. Bréant se servait de la créosote pour préparer les bois, mais il employait aussi des huiles, des matières résineuses et des dissolutions salines : son procédé a été modifié par Bethel en 1840 ; il est appliqué aujourd'hui indus-

triellement sur une très-grande échelle par MM. Légé et Pironnet; qui l'ont beaucoup perfectionné et qui ont remplacé les huiles par des solutions de sulfate de cuivre.

L'appareil de Bréant a été remplacé par un grand cylindre de 1 mètre 50 centim. de diamètre et de 11 mètres 50 centim. de longueur; les bois y sont introduits portés sur des chariots. Quand le cylindre est fermé, on y injecte la vapeur qui chasse l'air, chauffe le bois, et en dilate les tissus; on fait alors le vide en condensant la vapeur soit par un jet d'eau froide, soit par le moyen d'un conducteur et d'une pompe à air, puis après 12 ou 15 minutes on ouvre un robinet, par lequel pénètre la solution de sulfate de cuivre dont la température a été élevée à 45 degrés, et qu'une pompe hydraulique comprime dans l'appareil à une pression de 10 atmosphères maintenue pendant 30 minutes. La solution de sulfate de cuivre employée est à 2 kilogr. de sulfate pour 100 kilogrammes d'eau.

Tel qu'il est appliqué aujourd'hui, le procédé de Bréant, considéré pendant longtemps comme impraticable, peut rivaliser avec les meilleurs : il est très-expéditif et surtout il permet de traiter les pièces abattues depuis longtemps, déjà sèches et des bois équarris de toutes dimensions. La question économique est plus difficile à juger; en effet le matériel d'une semblable industrie est considérable et extrêmement coûteux, car une grande partie de l'outillage doit être en cuivre; enfin une usine fonctionnant d'après ces procédés n'est pas aisément mobilisable; toutes ces conditions doivent être prises en très-grande considération, pour un travail de cette nature.

M. Boucherie a indiqué dans ses brevets un procédé pour faire pénétrer les liquides, qui se rapproche un peu de celui de Bréant. Il applique à l'extrémité inférieure d'une pièce de bois équarrie et posée horizontalement une calotte en plomb ou en toile imperméable, communiquant par un tuyau à un réservoir placé quelques mètres au-dessus; en faisant le vide, à l'autre extrémité, au moyen de la vapeur condensée, il force le liquide à traverser le bois dans toute sa longueur.

Ce procédé a été modifié par MM. Renard-Perrin qui faisaient le vide en brûlant un peu d'alcool méthylique dans un mortier en fonte solidement appliqué à la petite extrémité du bois. Les pièces injectées par MM. Renard-Perrin étaient surtout préparées pour l'ébénisterie : ces inventeurs ont les premiers appliqué aux bois les procédés de teinture employés pour les étoffes.

Par la pression d'une colonne liquide.— Ce moyen de pénétration a été indiqué très-sommairement par Perraut et Duhamel en 1750, par Camus en 1781 et patenté par Béthel en 1839. Très-ingénieusement modifié par M. Boucherie c'est aujourd'hui celui définitivement adopté pour les traverses de chemins de fer que prépare cet inventeur.

Voici comment on opérait primitivement :

L'arbre abattu A, séparé de ses branches, était placé dans une position horizontale ou légèrement incliné ; on faisait pénétrer dans toutes ses parties, par simple pression, au moyen d'un réservoir K plus ou moins élevé, la liqueur destinée à opérer la con-

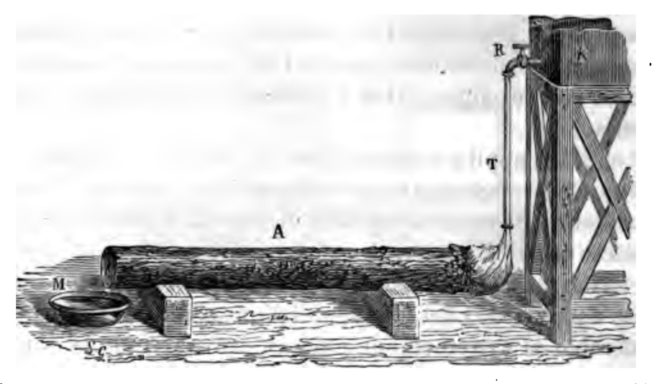


Fig. 312.—Pénétration du bois par la pression d'une colonne liquide.

servation. Ce liquide déplaçait avec rapidité la séve qui s'écoulait par l'extrémité libre M, et il se trouvait substitué à l'agent le plus actif de la décomposition.

Pour l'application de ce procédé, le seul vraiment pratique, M. Boucherie varie le mode d'exécution selon la nature et la qualité des bois, selon la grosseur des arbres et aussi selon les circonstances extérieures et les ressources locales :

1° Pour les arbres de grande dimension qui doivent être conservés dans toute leur longueur, M. Boucherie a d'abord eu recours aux calottes de plomb appliquées à l'extrémité la plus grosse, et destinées à recevoir le liquide qui s'écoule d'un réservoir supérieur. La nécessité d'opérer sur de grandes quantités l'a obligé à chercher un moyen plus prompt et plus facile.

Pour préparer les traverses de chemins de fer, on prend une pièce de bois ayant une longueur de 5m,25 à 5m,45, nécessaire pour deux traverses. Ces billes, posées horizontalement et suppor-

tées par des cales à leurs deux extrémités et dans leur milieu, sont divisées par un trait de scie qui doit intéresser les 9 dixièmes de leur épaisseur ; en décalant alors les extrémités cette fente s'ouvre d'elle-même. Au moyen d'une tarière, on perce à la partie supérieure de l'une des deux moitiés et à 10 centimètres au plus de la section, un trou oblique, qui, de la surface de la pièce vient pénétrer dans l'espace laissé libre par le trait de scie. On garnit les bords de l'incision d'une tresse de chanvre bien graissée, on décale le centre et la pièce tendant par son poids à reprendre sa position horizontale primitive, les bords de la section se rapprochent et, serrant fortement la tresse de chanvre, forment un joint parfaitement étanche.

Le trou percé par la tarière, étant mis en communication avec un réservoir placé à 7 ou 8 mètres et plus de hauteur, les liquides contenus dans ce réservoir pénètrent dans l'espace laissé vide entre les deux pièces et qui est fermé exactement par la tresse. Ces liquides filtrent au travers de la pièce de bois et ne tardent pas à s'écouler par ses deux extrémités : ils sont recueillis dans une citerne et remontés dans le réservoir.

Quand on veut préparer une pièce de bois trop courte pour former dans sa longueur deux traverses, on garnit la circonférence de sa section d'une tresse de chanvre graissée sur laquelle on applique un fort plateau en bois : au moyen d'une vis, qui du plateau pénètre dans la bille et que l'on serre fortement, le joint formé par cette tresse est rendu hermétique. Un trou de tarière ménagé dans le plateau sert à établir la communication avec les réservoirs. Le liquide injecté doit toujours être maintenu à un degré correspondant à 1 kil. de sulfate de cuivre pour 100 d'eau.

Par les exemples précédents, on voit qu'il est facile de modifier le procédé Boucherie, de manière qu'il puisse aisément s'appliquer et satisfaire à tous les besoins.

L'inventeur a constaté que la pénétration s'opère bien, en hiver pendant les trois mois qui suivent l'abatage, en été pendant deux mois. Le temps nécessaire pour que chaque opération soit complète varie selon l'essence et le volume des pièces à préparer : un ou deux jours suffisent pour des billes courtes de hêtre ou de charme ; un sapin de quinze mètres demande un mois, un hêtre ou un charme de quinze à vingt mètres quinze jours seulement. La pénétration marche plus rapidement à mesure que la pression devient plus énergique ; il est facile de la graduer par l'élévation plus ou moins grande des réservoirs.

Après de longues recherches sur le choix de la substance conservatrice, M. le docteur Boucherie a définitivement remplacé le pyrolignite de fer par le sulfate de cuivre dont la solution répond jusqu'ici d'une manière complète aux besoins de la consommation. Quatre à six kilogrammes de sulfate de cuivre sont nécessaires pour la préparation d'un stère de bois.

Les sels déliquescents, employés seuls ou combinés avec le sulfate de cuivre, empêchent les bois de se fendre et de se voiler lorsqu'ils sont exposés au soleil et aux intempéries ; c'est encore un magnifique résultat de la découverte du docteur Boucherie. Le chlorure de calcium a produit ce double avantage dans les expériences officielles exécutées sous les yeux des ingénieurs de l'État. On a également constaté que la pénétration des bois par les chlorures déliquescents retardait considérablement, si elle n'empêchait tout à fait leur combustion.

Les détails qui précèdent suffisent pour faire comprendre la nature et l'importance des procédés de conservation dont nous venons de parler : *des bois blancs, de qualité inférieure, d'une valeur à peu près nulle jusqu'ici, sont appelés désormais à remplacer les meilleures espèces dans la plupart des circonstances où cette matière première est employée.*

Le procédé de M. le docteur Boucherie a sur tous les autres un avantage considérable ; il peut être moins expéditif, plus limité dans ses applications, mais le matériel qu'il nécessite est peu coûteux, il est facilement transporté et installé partout en quelques heures ; c'est un point essentiel puisqu'il permet de travailler dans les chantiers où le bois se débite. Quand il s'agit de traverses de chemin de fer, par exemple, il est beaucoup plus économique et plus sûr de pouvoir opérer sur les lieux mêmes de production.

II. — EMBAUMEMENT.

On ne connaît que deux peuples, très-différents de civilisation et d'époque, très-éloignés l'un de l'autre, chez lesquels l'embaumement ait été généralisé : les Égyptiens et les Guanches.

Les auteurs grecs parlent bien d'embaumement, mais la description même qu'ils donnent de l'opération signale plutôt une sorte d'ensevelissement des corps.

En comparant le mode d'embaumement des Égyptiens et celui des Guanches, on y trouve de très-grandes analogies.

L'étude des habitudes, de la religion, du climat, porte à croire que l'embaumement fut d'abord chez les Égyptiens une mesure hygiénique, et que, pour en rendre l'usage général, les prêtres, tout-puissants, le firent considérer comme un culte rendu aux morts et même agréable aux dieux.

Embaumement chez les Égyptiens. — Il y avait plusieurs modes d'embaumement chez les Égyptiens : les uns consistaient simplement à injecter le corps par un trou fait à l'abdomen avec un liquide nommé *surmaïa* (que l'on croit être une liqueur onctueuse tirée du cèdre), qui dissolvait en quelque temps les viscères contenus dans l'abdomen et la poitrine ; le corps était ensuite plongé dans le natron (carbonate de soude naturel) et desséché par l'exposition au soleil. D'autres embaumements plus riches consistaient à ouvrir l'abdomen, à en retirer les intestins, à remplir le ventre et les autres cavités splanchniques de myrrhe broyée, de cannelle et autres parfums, à saler le corps avec le natron et à le dessécher, après quoi il était entouré de bandelettes. Dans ces embaumements, le cerveau était le plus souvent retiré par une ouverture faite à la voûte du crâne, ou par les narines, l'éthmoïde étant brisé. La qualité des embaumements peut encore être reconnue aujourd'hui à la finesse et à la qualité des résines, au nombre d'enveloppes et à la finesse des toiles employées pour les bandes, à la plus ou moins grande quantité de dorures, car avant d'enfermer le corps on dorait les ongles, les pieds entiers ou la figure entière. Quelquefois on se contentait d'employer des résines pour dessécher et en même temps imprégner les tissus.

Les corps embaumés, placés dans des caisses en bois de cèdre ou de sycomore, étaient déposés dans des caveaux creusés dans le roc sous les sables. On retrouve encore, tous les jours, de ces tombeaux dans lesquels sont réunis un grand nombre de corps, et qui semblent avoir appartenu à une seule famille.

Embaumement des Guanches. — Chez les Guanches, l'embaumement était moins perfectionné. Ce peuple formait la population des îles Canaries ou Fortunées, d'où il fut chassé par les Espagnols en 1512.

Ils descendaient peut-être des anciens Phéniciens ou des Carthaginois qui étaient venus habiter les îles Fortunées ; l'usage de l'embaumement datait probablement chez eux de cette époque reculée. On ne connaît presque rien des procédés employés par eux, mais, comme nous l'avons dit, ils se rapprochent de ceux des

Égyptiens. Ils vidaient aussi les corps, les desséchaient au soleil, employaient des plantes aromatiques et balsamiques et même les bitumes. Les corps enveloppés dans des peaux cousues, le poil en dedans le plus souvent, étaient déposés dans des grottes ou on les retrouve aujourd'hui. On prétend que ces momies ont plus de 2,000 ans.

Procédés d'embaumement depuis les Égyptiens jusqu'à nos jours.— Nous n'avons presque rien à dire des embaumements pendant ce long intervalle. On n'accordait les honneurs de cette opération, chez les Grecs, chez les Juifs, etc., qu'aux rois, aux princes ou aux hommes illustres, et encore ce n'était pas un embaumement mais un ensevelissement pour lequel on faisait usage d'une plus ou moins grande quantité d'aromates. Nous n'avons pas besoin de dire que les corps ainsi préparés ne se conservaient pas.

On a beaucoup parlé des admirables préparations de Ruysch, de Swammerdaun; mais il est à supposer que l'on n'a jamais connu leurs véritables méthodes, car les expériences faites avec le plus de soin, en suivant à la lettre les prétendus procédés de ces maîtres, n'ont donné que de pitoyables résultats. Les innombrables drogues et formules indiquées dans les auteurs au sujet des embaumements, les procédés de toutes sortes n'ont aucune espèce de valeur, et n'ont même certainement jamais été expérimentés par leurs inventeurs; ce sont autant de formules et d'opérations empiriques dont l'insuffisance est le moindre défaut.

Les inconvénients et l'inutilité des efforts faits pour conserver les corps étaient d'ailleurs sentis depuis longtemps par plusieurs bons esprits; ce qui le prouve, c'est l'empressement avec lequel on s'empara de la découverte de Chaussier sur les propriétés du sublimé corrosif pour l'appliquer aux embaumements. Il fut constaté que ce corps conservait les matières animales plongées dans sa dissolution aqueuse, qu'il produisait cet effet par une combinaison intime avec la matière animale, enfin que cette matière saturée de sublimé passait à une dessiccation si prompte qu'elle avait besoin d'être modérée pour empêcher le racornissement des parties molles. Les pièces ainsi préparées sont rigides, dures, grisâtres et déformées, mais, préservées tout à la fois de la putréfaction et de l'action des insectes. On se hâta donc de profiter de cette propriété du bichlorure de mercure pour l'appliquer à la conservation des corps entiers. Cette méthode a donné de bons résultats.

Cependant, sous l'Empire, sous la Restauration, et même jus-

u'en 1832, on voit adopter une autre méthode, une sorte de procédé hybride que l'on avait gratifié pompeusement du nom 'embaumement égyptien. Cette opération dans laquelle le corps ıumain était tailladé, morcelé, etc., blessait tous les sentiments. l est d'autant plus difficile d'expliquer l'adoption de ce prétendu ystème que les travaux de Chaussier fournissaient tous les noyens de faire des opérations plus rationnelles et donnant des ésultats un peu satisfaisants.

Procédé Gannal. — Vers 1832, J.-N. Gannal, qui cherchait un noyen de conserver les viandes alimentaires, fit ses premières xpériences. Son procédé consiste à injecter par l'artère carotide en dirigeant l'injection vers le cœur et après avoir lié l'artère aulessus de l'incision pour empêcher tout retour de liquide) une olution de sulfate d'alumine, marquant 38 à 40° à l'aréomètre de Baumé. Après l'injection, la plaie fermée, le corps est enveloppé le flanelle, puis couché dans un cercueil de plomb, on verse alors à la surface 1 à 2 litres d'essence ; telle est la pratique, voici maintenant la théorie.

On a cru longtemps que les liquides ainsi injectés ne passaient pas des capillaires artériels dans les capillaires veineux : ce mode d'embaumement prouve le contraire : on peut suivre la marche de l'injection dans tout le réseau des vaisseaux sanguins. Il arrive même que, si la peau est privée de son épiderme depuis peu, le liquide vient perler, sous forme de gouttes, à la surface du derme dénudé, au moment de l'injection et sous l'effort qui fait pénétrer le liquide.

Les sels d'alumine (employés depuis longtemps par les mégissiers pour préparer les peaux) décomposent l'albumine, la géline ou osséine, et transforment ces produits et quelques autres, formant les principaux éléments de la chair et des tissus organiques, en d'autres produits imputrescibles.

Les corps injectés par les sels alumineux, abandonnés à l'air dans un endroit sec, se dessèchent lentement et presque sans déformation ; s'ils sont déposés dans un lieu humide et peu aéré, ils se dessèchent difficilement et se couvrent, à la longue, d'une légère couche de moisissure, mais n'éprouvent pas la fermentation putride; si enfin ils sont enfermés étroitement dans une caisse en plomb soudée, ils se conservent sans aucune altération, et indéfiniment.

Pour empêcher le développement des bissus, Gannal a reconnu, après de longues expériences, qu'il fallait verser sur le corps,

avant la fermeture de la caisse en plomb, des essences végétales: il faisait le plus souvent usage des essences de lavande, girofle, cannelle et citron mélangées avec moitié en poids d'essence de térébenthine rectifiée.

Gannal s'est vu contester et la valeur de ses procédés et son mérite d'inventeur : on a été jusqu'à dire que son procédé ne conservait que grâce à l'arsenic mélangé au liquide. Rien n'est plus faux que ces assertions, qui ont été dictées par un sentiment de malveillance dont il ne nous appartient pas ici de rechercher la cause. Une dernière commission nommée par l'Académie des sciences, en 1848, a définitivement prononcé sur la question en faisant justice de toutes ces allégations calomnieuses.

Autres procédés de conservation et d'embaumement par injection.— En 1835, le docteur Tranchina, médecin napolitain, a publié un procédé de conservation des corps, consistant dans l'injection d'une solution de 1 kilogr. d'acide arsénieux dans 10 kilogr. d'eau ou d'alcool. L'acide arsénieux est très-peu soluble dans l'eau. Dans les conditions indiquées par ce médecin, la solution est impossible.

Des observations les plus précises, il résulte que l'acide arsénieux ne conserve pas les matières animales d'une manière illimitée, quoiqu'il les préserve momentanément de la fermentation putride. Les corps ainsi préparés et exposés à l'air se dessèchent, se racornissent avec une étonnante rapidité et dégagent sans cesse du gaz hydrogène arsenié: ils disparaissent en moins d'une année rongés par les bissus. Ce procédé, au sujet duquel on a fait beaucoup de bruit il y a quelques années, est en résumé peu certain et fort dangereux. La loi en interdit l'usage en France.

Depuis 1832, on a vu surgir beaucoup de procédés d'embaumement basés sur l'emploi d'autres liquides.

En 1840, sir William Burnet prit en Angleterre une patente pour l'emploi du chlorure de zinc comme agent antiseptique et conservateur. Cinq années après, M. le docteur Suquet a présenté à Paris un nouveau procédé d'embaumement consistant dans l'injection d'une solution de chlorure de zinc marquant 40 degrés à l'aréomètre de Baumé. Le procédé d'injection est le même que celui de Gannal, le liquide seul diffère. Nous avons vu des corps embaumés depuis douze à treize mois : ils étaient bien conservés; mais les liquides sanieux qui les baignaient, l'odeur singulière qui se dégageait, peuvent faire craindre qu'ils ne se retrouvent pas dans un état aussi satisfaisant à une époque plus éloignée.

M. le docteur Suquet a également présenté un procédé déjà ancien, mais oublié ou peu employé pour la conservation momentanée des corps destinés à l'étude de l'anatomie : c'est l'injection par l'hyposulfite de soude. Ce sel n'a pas, comme les liquides présentés jusqu'ici, le grave inconvénient de décolorer les tissus.

L'hyposulfite de soude conserve les corps de quinze jours à deux mois, suivant l'époque, et permet les dissections les plus minutieuses et les plus prolongées ; on devrait seulement, dans les amphithéâtres, remplacer les tables métalliques, qui, en présence de l'hyposulfite de soude, donnent lieu à des réactions chimiques, par des tables en bois ou en pierre, ou au moins couvrir en bois celles qui existent. Depuis que l'on fait usage de ce liquide dans les amphithéâtres, les maladies, par suite de blessures et par suite d'émanations putrides, sont devenues très-rares. C'est un véritable service rendu à la science et à l'humanité.

Le sulfate de zinc a été préconisé par M. Falconi. Son procédé est encore trop nouveau pour qu'on puisse être fixé sur sa valeur. Dans les questions d'embaumement, c'est par dix ou quinze années qu'il faut compter. Cependant M. Falconi, qui fait aussi des embaumements par injection et de la même manière que les précédents, présente des certificats d'expériences nombreuses faites en Italie. Ces certificats sont très-louangeurs et signés de savants et de médecins italiens. Sans rien nier, nous attendrons l'épreuve certaine du temps.

Il y a quelques années, un savant italien, M. Gorini, présenta à l'Institut des pièces conservées et très-remarquables ; elles étaient lourdes et pour ainsi dire pétrifiées ; elles pouvaient se scier comme du marbre. M. Gorini a emporté son secret avec lui. Le fait est très-regrettable, car il y avait là peut-être un procédé précieux pour la préparation des pièces anatomiques.

En 1845, M. le docteur Dupré, en faisant pénétrer dans les vaisseaux sanguins un mélange de gaz carbonique et de gaz sulfureux, a conservé des corps d'une manière assez satisfaisante pendant quelques mois. Ce procédé est abandonné.

En mars 1851, M. Édouard Robin a présenté à l'Académie des sciences de la chair conservée *malgré l'air et l'humidité* par la vapeur que l'huile de houille répand à la température ordinaire. Suivant l'auteur, on peut conserver, par ce procédé, qui est des plus simples, des viandes, des oiseaux entiers ou des matières végétales, *suspendues dans un baril fermé, au fond duquel on a répandu un peu d'huile de houille.*

Le 15 juin 1857, M. Bobœuf a fait bréveter un procédé de conservation consistant dans l'emploi de l'acide phénique ou des phénates. On a proposé le goudron de houille pour désinfecter les animaux morts, et même pour empêcher la décomposition putride des corps sur les champs de bataille. Plus récemment encore, MM. Corne et Demeaux ont proposé comme agent anti-putride une poudre formée d'un mélange de plâtre et de *coal-tar*. M. Dumas attribue l'action conservatrice de ces divers agents à la présence de l'acide phénique ou des phénates, qui agissent même en très-petite quantité.

Nous avons expérimenté le procédé de M. Bobœuf sur des animaux, et il est vraiment fort remarquable, mais il est encore trop nouveau pour que nous puissions nous prononcer d'une manière bien formelle sur sa valeur comme procédé d'embaumement, les conditions auxquelles se trouvent soumis les corps inhumés étant toutes spéciales.

On a encore proposé la glycérine dont les propriétés conservatrices sont connues, mais elles ont été trop peu expérimentées pour que l'on puisse en conclure quelque chose.

III.—CONSERVATION DES ANIMAUX.

Tous les procédés que nous avons indiqués pour conserver les corps humains sont nécessairement applicables à la conservation des animaux, mais ils ne sont pas employés à cet usage. Les animaux que l'on *empaille* ont été préalablement dépouillés et la peau a été préparée par des procédés très-divers et tous très-mauvais. On fait beaucoup usage pour les empaillements du savon de Becœur, savon arsénical employé comme préservatif, mais qui, d'un côté, ne préserve en aucune façon, et, d'un autre, compromet la santé de ceux qui s'en servent.

Il est impossible de remonter à la source de l'opinion qui attribue à l'arsenic la propriété de tuer les mites qui mangent les peaux. En réalité ce produit, si dangereux pour les animaux des classes supérieures, est tout à fait inoffensif pour ceux des classes inférieures, et, chose singulière, ces faits sont parfaitement connus des naturalistes qui n'en continuent pas moins, avec une persévérance vraiment étonnante, à rejeter, sans examen, toutes les innovations bonnes ou mauvaises pour s'en tenir au savon de Becœur et à l'arsenic !

Il y a plus de vingt ans que J.-N. Gannal a publié des procédés

relatifs à la préparation des objets d'histoire naturelle. Les injections de sels alumineux ont la propriété de conserver les animaux et d'en mégir les peaux que l'on peut enlever et monter de suite sans leur faire subir aucune autre préparation. On peut aussi les garder longtemps en chair et même les monter sans les dépouiller, ce qui permet de conserver beaucoup mieux leurs véritables proportions. Ce procédé est en outre très-économique, il a été expérimenté pendant de longues années, et récompensé par l'Institut; malgré cela il n'est pas employé.

Depuis quelques années cependant, au Muséum d'histoire naturelle de Paris, on a apporté quelques perfectionnements dans les procédés employés par les préparateurs. Aujourd'hui, on fait usage d'une poudre d'alun et de sel marin pour enduire et frotter les peaux; on garde aussi, assez souvent, toute la charpente osseuse de l'animal dont on enlève seulement les parties molles : les os, les articulations, les cavités sont frottés d'alun et de sel en poudre; c'est déjà un progrès, mais il est bien insuffisant, puisque ces poudres n'agissent que très-superficiellement et ne pénètrent pas les peaux d'une certaine épaisseur. Dans quelques circonstances on fait aussi des injections d'hyposulfite de soude. Pourquoi choisir un sel assez coûteux et qui, de l'avis même de l'auteur de la méthode, ne conserve que pendant un temps très-limité?

Le savon de Becœur, plus spécialement employé pour garantir les peaux de l'attaque des mites, continue à régner en maître: c'est le préservatif par excellence, sous la protection duquel vivent des myriades d'insectes qui ravagent nos collections, les plus riches du monde, et cependant les expériences les plus concluantes, prouvent que les émanations des huiles de houille, de schiste, de goudron...., du chloroforme, de l'essence de térébenthine, du sulfure de carbone, à la température ordinaire, sont des poisons pour tous les insectes qui mangent les laines, les fourrures, les plumes, les herbiers..... Ces vapeurs n'altèrent en rien les objets qui y sont exposés; ce sont là, certainement, des essais peu coûteux et bien faciles à faire, mais ils n'ont jamais été tentés sérieusement pour les grandes collections.

En résumé, sous le rapport des procédés de conservation employés, l'art du naturaliste en est à très-peu de chose près où il en était il y a quatre ou cinq cents ans.

A. GANNAL.

COULEURS

On dit du bleu, du jaune et du rouge, que ce sont des couleurs *simples* par le mélange desquelles on peut composer toutes les couleurs de la palette.

Avec le bleu et le jaune on produit le vert; le jaune avec le rouge donne l'orangé; le rouge uni au bleu forme le violet. Un peintre peut à la rigueur avec le bleu, le jaune et le rouge composer toutes les couleurs; mais il ne peut pas produire tous les effets, il lui manque encore le blanc et le noir. Avec le blanc, il délaye, atténue, dégrade les couleurs simples ou composées; il les affaiblit, les assombrit, les rompt avec le noir. C'est l'effet que produisent la lumière et l'ombre; le mélange de noir et de blanc donne le gris proprement dit.

DES NOIRS.

Tandis que le physicien produit le *blanc* en réunissant les couleurs impondérables du spectre, l'artiste produit le *noir* en réunissant, en proportions convenables, les trois couleurs principales de sa palette, bleu, jaune, rouge.

Toutefois, ce n'est pas ainsi que le plus souvent on procède pour obtenir le noir. Les diverses applications de la couleur admettent des poudres *noires* que l'on emploie directement.

Ces noirs appartiennent tous ou presque tous à une même espèce chimique, le *carbone*, et représentent les diverses variétés de charbon.

Les noirs les plus généralement employés sont obtenus en décomposant par la chaleur, en vase clos, ou en détruisant par une combustion incomplète des matières végétales ou animales. Chacun de ces charbons se distingue par des propriétés spéciales dues à sa constitution physique, notamment à l'intensité de sa propriété couvrante et à son reflet.

On peut grouper ces noirs de charbon en trois classes, ayant pour *types :* le charbon de bois, le charbon animal et le noir de fumée.

Nous allons examiner successivement les divers charbons appartenant à ces trois classes qui présentent le plus d'intérêt.

CHARBON DE BOIS.—La préparation du charbon de bois pour les besoins de l'industrie et de l'économie domestique a déjà été indiquée (voyez *Combustibles*. COM), nous n'y reviendrons pas; les méthodes suivies dans les arts sont applicables à la confection du charbon comme *couleur*.

Certains praticiens emploient même le charbon ordinaire dont ils choisissent les morceaux. Ce charbon est broyé à sec, puis broyé à l'eau et lavé pour enlever les sels solubles. La masse divisée est égouttée, comprimée et mise en trochisques ou autrement séchée.

Lorsqu'on se propose de préparer un charbon végétal spécialement pour la peinture, on emploie comme ligneux les brindilles de hêtre, les sarments de vigne, ou les débris de liége à bouchon. Les noirs obtenus portent le nom des substances dont ils proviennent, et la préparation s'en fait dans un cylindre entouré de feu qu'on tourne sur lui-même comme un brûloir à café, ou bien encore en cuisant sous la cendre les substances à carboniser.

D'autres matières végétales sont employées; telles sont les grappes de raisin après la fabrication de la piquette ou du vinaigre. On prépare avec de telles matières le noir d'Allemagne pour taille-douce. La fabrication de ce produit est toute de routine.

Certains fabricants ont, en outre, des noirs spéciaux. C'est ainsi que les noyaux de pêches, les enveloppes de marrons ou de châtaignes, etc., etc., sont des matières à noirs; mais ce sont là des préparations trop limitées pour être l'objet d'un commerce quelconque.

NOIR D'OS, NOIR D'IVOIRE.—Le charbon animal destiné à la peinture provient tantôt des os, tantôt des rognures d'ivoire. On peut dire de ce produit comme du noir végétal que sa préparation pour la peinture ne diffère pas de celle adoptée par les manufactures. Le plus souvent même on emploie comme noir des os calcinés choisis dans les usines. Le noir d'ivoire se fabrique en traitant l'ivoire au feu comme nous avons dit qu'on faisait des matières à préparer le noir végétal; l'on le connaît aussi sous le nom de noir de Cologne; il est caractérisé par son velouté.

Pour terminer cette liste, je citerai le *noir de Prusse*, produit de la calcination en vase clos du bleu de Prusse. Cette matière est sans importance.

NOIR DE FUMÉE. — C'est le noir d'une lampe qui *file*, qui donne une flamme fuligineuse; la fumée est composée, pour la plus

grande partie, de charbon divisé, qu'on appelle pour cette raison *noir de fumée*, *noir de lampe*.

Dans la fabrication en grand on reproduit ces conditions de la lampe qui fume, c'est-à-dire l'insuffisance d'air pour la quantité de matière à brûler. Le noir de fumée provient de la combustion incomplète d'un corps gras ou résineux, d'un goudron.

On connaît dans le commerce deux noirs de fumée : le noir de *résine*, le noir de *houille* ou plutôt de goudron de houille. Quant au noir de lampe proprement dit, on n'en prépare plus. On l'obtenait en plaçant un fumivore au-dessus d'une lampe fumeuse, ou même en faisant brûler avec fumée des lampes placées sous des regards qui enlevaient cette fumée et la portaient dans des chambres de repos. Les Chinois préparent le noir qui sert à la fabrication de l'encre de Chine soit au moyen d'huile, soit avec du bois résineux.

Les goudrons ou autres matières sont placés dans la capsule

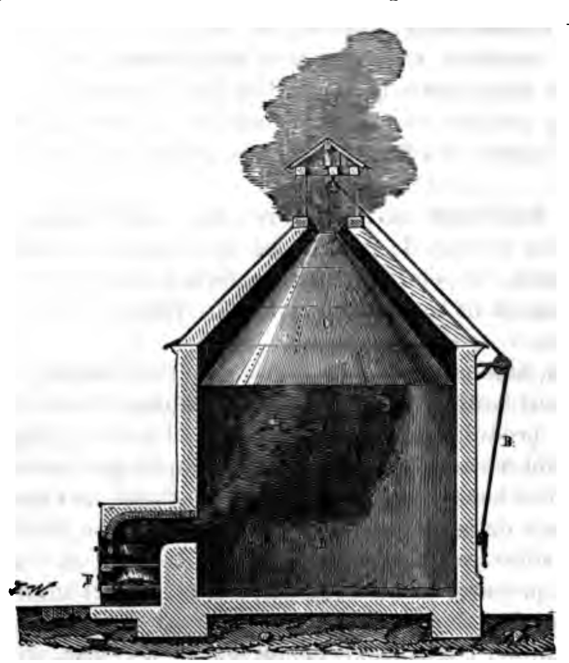


Fig. 313.—Appareil pour la préparation du noir de fumée.

en fonte O, laquelle est chauffée par le foyer F. Les produits fuligineux de la combustion incomplète se rendent dans la chambre

D. Le toit de cette chambre est conique et reçoit un cône mobile C en tôle qui, au moyen de la corde B, peut monter et descendre dans la chambre cylindrique et par conséquent la ramoner d'un coup et réunir sur le sol le noir adhérent aux parois.

DES BLANCS.

Les blancs employés par la peinture sont de deux sortes, les uns couvrent, les autres ne couvrent pas. On dit d'un blanc qu'il couvre lorsqu'il conserve son opacité au sein de l'huile, et que conséquemment, broyé à l'huile, et étendu sur une surface, il peut *couvrir* (cacher) les dessous.

Les blancs qui ne couvrent pas à l'huile couvrent à l'eau, ce sont :

La craie et le sulfate de baryte naturel ou artificiel.

Les blancs qui couvrent à l'huile comme à l'eau sont les diverses variétés de céruse, l'oxychlorure et le sulfate basique de plomb, l'oxyde de plomb, l'oxyde d'antimoine et le sous-nitrate de ce métal, enfin les sels basiques de bismuth.

BLANCS A L'EAU. — Le sulfate de baryte en poudre se prépare de différentes manières; on l'appelle *blanc fixe*. On peut obtenir au moyen du sulfate de baryte et du chlorure de manganèse, résidu de la fabrication du chlore, une dissolution de chlorure de baryum qui, par l'acide sulfurique, donne du sulfate de baryte et de l'acide chlorhydrique faible utilisable pour la gélatinisation des os, etc. M. Pelouze a proposé de faire agir directement sur le carbonate naturel l'acide sulfurique en le mélangeant avec l'acide hydrochlorique ; ce moyen est ingénieux, toutefois il n'élimine pas les impuretés du carbonate et il présente l'inconvénient de s'adresser comme matière première au carbonate de baryte qui est plus coûteux que le sulfate.

On pourrait varier à l'infini les recettes de préparation du blanc fixe qui doit, en tous cas, être fabriqué à bon marché.

Le blanc de Meudon, le blanc de Bougival, le blanc de Troyes, sont tous du carbonate de chaux. Toutefois l'aspect, les propriétés plastiques et notamment la blancheur différant pour chacun d'eux, justifient ces divers noms donnés à un même produit. Le blanc de Meudon, près Paris, forme de vastes carrières exploitées par galeries. La matière brute est mise à tremper dans l'eau, délayée, broyée et tamisée; on la ramasse par blocs qu'on ressuie en les déposant sur une surface absorbante, puis on la pétrit et on la forme en pains cylindriques d'un poids de 200 à 500 grammes.

Le blanc de Troyes est plus blanc, plus compacte que celui de Meudon. Cette pierre, sciée en petits fragments prismatiques, est connue sous le nom de *craie à tableau*. L'un et l'autre sont employés dans la peinture, délayés à l'eau et non à l'huile.

On produit un blanc calcaire excellent en laissant se carbonater spontanément la chaux éteinte à l'air ou délitée soigneusement à l'eau, et qu'on obtient au moyen du calcaire le plus blanc, le marbre statuaire par exemple.

BLANCS A L'HUILE, CÉRUSE. — Parmi les blancs couvrant à l'huile, le plus anciennement employé est, sans contredit, la céruse. La fabrication est décrite par Pline avec une grande clarté. L'*Encyclopédie japonaise* la donne aussi dans tous ses détails. Chose digne de remarque, le procédé de l'*Encyclopédie japonaise* et celui qu'employaient les Romains sont identiques. Ce fait n'est pas isolé, et de nombreuses preuves de contact peuvent être citées entre l'industrie des anciens Chinois et celle des Romains, ce qui ne saurait surprendre, ces deux peuples ayant eu des communications régulières.

La céruse est une combinaison de carbonate de plomb, d'oxyde de plomb et d'eau. Sa préparation, quel que soit le procédé employé, est basée sur les données suivantes : déterminer la production d'un sel basique de plomb et faire réagir l'acide carbonique sur le sel basique *maintenu en excès*.

Trois procédés principaux conduisent à ce résultat, nous allons les décrire, puis nous verrons qu'ils comportent une seule et même explication ; les renseignements qui suivent sur la fabrication de la céruse nous ont été donnés par M. Delaunay, très habile fabricant et de plus botaniste distingué, qui a dirigé longtemps sous le nom Delaunay et Cᵉ, à Portillon, près Tours, l'usine fondée par M. Pallu. Cette usine appartient aujourd'hui à la société Bruzon et Cᵉ.

Procédé hollandais. — Dans ce procédé, le plomb, l'oxygène atmosphérique concourent avec le vinaigre sous l'influence de la chaleur à la formation directe de l'acétate basique ; l'acide carbonique et le calorique nécessaires à l'opération sont fournis par la fermentation du fumier : voici au surplus comment se conduit l'opération.

On coule le plomb en lames minces de 10 centimètres de largeur sur une longueur de 30 à 40 centimètres. Ces feuilles sont roulées en spirale, de telle sorte que toutes les surfaces soient bien séparées. Chaque lame est déposée dans un pot conique por-

tant au tiers de sa hauteur, à partir du fond un rebord ou trois petits tasseaux sur lesquels repose le métal enroulé. Au fond de ce pot, vernissé à l'intérieur, on verse une certaine quantité de vinaigre de qualité inférieure : ces pots ainsi disposés et couverts sont rangés côte à côte sur une couche épaisse de fumier frais de cheval. Le lit entier est recouvert d'abord de débris de lames et de rognures inattaquées dans de précédentes opérations, puis de lames qui établissent un plancher, enfin de planches épaisses disposées de façon à former une séparation complète entre elles et les lits qui vont être superposés. Sur ces planches, on établit une nouvelle couche de fumier, garnie, comme la précédente, d'une série de pots préparés de la même manière ; on forme ainsi alternativement des couches de pots et de fumier jusqu'à ce que la masse ait atteint une épaisseur de 5 à 6 mètres, des contre-murs (banquettes) en fumier enveloppent la couche tout au pourtour ; le tout est disposé sous des hangars bien aérés.

La figure représente la disposition prise dans une usine. AE, CF sont les murs du hangar, EB, FD représentent la hauteur de la

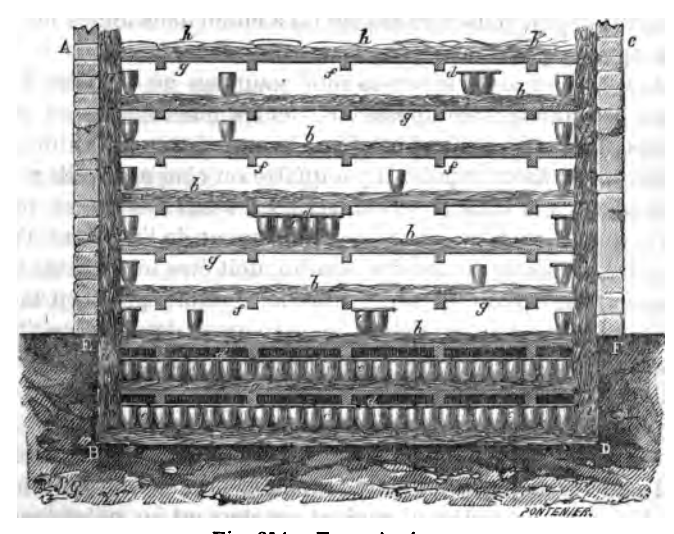


Fig. 314.—Fosse à céruse.

fouille, *aa*, *aa*, sont les contre-murs en fumier, *cc*, sont les lits de pots qui reposent sur les couches de fumier *b*. Ces pots sont recouverts de plomb, puis de planchers réprésentés par *g* et soutenus par des traverses *f*.

On comprend que chaque usine varie plus ou moins les ma-

nières de préparer ses couches à céruse. C'est ainsi qu'au lieu de couler le plomb en lames seulement, certains fabricants le coulent sous forme de grille. C'est ainsi qu'au lieu d'employer le fumier, certains fabricants se servent de tan (écorce de chêne qui a été épuisée de tannin pour la préparation des peaux).

La fermentation commence bientôt à se produire ; la température s'élève et peut atteindre au delà de 100 degrés, il arrive même parfois que les planches sont carbonisées et que la céruse déjà formée se transforme partiellement en *minium*. Pour éviter cet effet, on a besoin de ménager des courants d'air dans la masse des couches.

Au bout de vingt ou trente jours l'opération est terminée, les lames de plomb sont converties presque complétement en écailles blanches et dures de carbonate de plomb, adhérentes aux parties du métal qui n'ont pas été transformées.

Les lames sont alors soumises à l'opération du battage qui a pour but de séparer les écailles des parties du métal non attaquées ; ce travail des plus insalubres se faisait autrefois manuellement; depuis plusieurs années on a établi dans toutes les usines des appareils clos, ou il s'opère mécaniquement.

Les écailles ainsi séparées sont soumises au broyage à l'eau, dans des moulins composés de meules horizontales en pierres dures ; la meule du fond est fixe ; la supérieure est animée d'un mouvement assez rapide. Il y a quatre ou cinq appareils semblables placés à la suite et en contre-bas les uns des autres, de telle sorte que la matière passe successivement de l'un dans l'autre. La pâte, au sortir du dernier moulin, doit être impalpable (d'une finesse telle qu'on ne sente plus le moindre grain en la froissant entre les doigts). Cette pâte est versée dans des petits pots coniques en terre poreuse et portée dans des séchoirs disposés de telle sorte que la température s'élève graduellement sans changements brusques.

Au lieu d'avoir recours au fumier pour produire le calorique et l'acide carbonique on peut demander l'un et l'autre à un combustible ; ce procédé qui revient exactement au précédent a la plus grande analogie avec celui qu'employaient les Romains.

Dans une chambre parfaitement close, on établit des étagères à claire-voie, sur lesquelles on place des feuilles de plomb coulées, pliées en V renversé (Λ) et rapprochées le plus possible sans qu'elles se touchent ; à la partie inférieure de la chambre sont disposées des sortes d'auges, remplies, les unes, d'acide acétique pyroligneux,

les autres d'un liquide susceptible de donner, par la fermentation ou autrement, naissance à de l'acide carbonique gazeux. L'appareil ainsi disposé est maintenu à une température constante de 25 à 30°, par un courant de vapeur d'eau qu'on fait passer sous les auges qui contiennent l'acide pyroligneux; la transformation du plomb en écailles de céruse s'opère à peu près dans le même temps que par le procédé précédemment décrit. Cette méthode donne des produits plus blancs. Aussi est-ce par ce moyen que se fabrique le blanc de Krems ou blanc d'argent, spécialement employé dans les peintures fines. On pourrait établir ce procédé dans les localités où l'on a à la fois de la chaleur et une effluve naturelle d'acide carbonique.

Ces divers procédés demandent un laps de temps assez long pour la transformation du plomb en céruse, et par conséquent, exigent un gros capital. Cette transformation, d'ailleurs, s'opère hors du contrôle du fabricant; par suite, elle échappe à l'observation, et il en résulte que le produit ne répond pas toujours à l'attente. Enfin, ces procédés nécessitent beaucoup de main-d'œuvre. Ces considérations ont conduit à rechercher des moyens plus expéditifs pour préparer la céruse.

Dans les premières années de ce siècle, Thénard, le premier, proposa un nouveau mode de fabrication différent de ceux connus, et qui reçut le nom de *procédé français* ou de procédé par précipitation, lequel est basé sur la décomposition partielle du sous-acétate de plomb, *dissous dans l'eau* par un courant de gaz acide carbonique : ce procédé fut appliqué en grand par M. Roard, dans son usine de Clichy, près Paris, d'où cet autre nom de procédé de Clichy; en voici la description :

On verse dans une cuve munie d'un agitateur et remplie d'eau aux trois quarts environ du protoxyde de plomb ou de la litharge pulvérisée; le mélange est mis en mouvement et l'on ajoute peu à peu de l'acide pyroligneux autant que possible décoloré; la dissolution s'opère, l'oxyde de plomb doit être en excès, afin qu'il se forme de l'acétate de plomb tribasique. Il faut aussi ne pas dépasser un certain degré de saturation du liquide, car au delà on risquerait de le voir se transformer en magma, qu'une addition d'eau ne dissoudrait qu'en partie. Lorsqu'on juge la dissolution terminée, on la laisse en repos; le liquide clair, qui doit marquer 16 à 18° au pèse-sels, est décanté et versé dans un bassin à large surface et n'ayant pas plus de 1 mètre de profondeur. Cet appareil est muni d'un système de tuyaux nombreux plon-

geant verticalement dans le liquide d'environ 50 à 60 centimètres. Ces tuyaux sont en communication avec un gazomètre, sous la cloche duquel arrive, par le moyen d'une *cagniardelle*, d'un gazomètre ou de tout autre système, un courant d'air qui a passé à travers un foyer de charbon de bois ou de coke incandescent.

L'acide carbonique de ce mélange gazeux, dirigé dans le bain d'acétate basique, s'unit à l'excès d'oxyde de plomb qui forme le sous-acétate, et la céruse produite se dépose; l'effet se continuerait jusqu'à ce que le liquide ne contienne plus que de l'acétate neutre; *mais il faut absolument laisser de l'acétate basique en excès.* Ce bain est repris par une pompe, versé de nouveau dans la première cuve où il est mis en contact avec une nouvelle quantité d'oxyde de plomb qui forme de nouveau de l'acétate tribasique, lequel est mis en contact avec l'acide carbonique. Cette opération se continue jusqu'à ce que la couche de céruse obtenue soit suffisamment épaisse. On la délaye avec une certaine quantité d'eau et on la fait couler dans un troisième réservoir où s'opère le lavage. La céruse lavée et reposée est distribuée dans de petits pots coniques en terre poreuse, puis portée à l'étuve où a lieu la dessiccation définitive. Chaque transformation de l'acétate neutre en sous-acétate nécessite l'addition d'une certaine quantité d'acide acétique pour réparer les pertes.

Suivant M. Ozouf, on active l'opération en envoyant dans un réservoir commun *sous pression* le gaz carbonique et le bain d'acétate sur lequel il doit réagir.

La céruse qu'on obtient par le procédé Thénard a moins de densité, en général, que les céruses provenant des écailles; elle couvre moins les surfaces, mais elle est généralement plus blanche. Plusieurs établissements en France se sont adonnés à cette fabrication. Le plus important est celui de Portillon. De nombreux perfectionnements y ont été apportés par M. Pallu et par M. Delaunay à la marche suivie par Roard. La description qui suit s'applique à l'usine de Portillon. L'appareil à céruse se compose de cinq cuves : deux placées au rez-de-chaussée et les trois autres au deuxième étage. Les deux premières, de 2 mètres environ de diamètre, sont munies chacune d'un arbre vertical auquel sont fixées des lames en bronze qui rasent en tournant le fond des cuves. Celles-ci sont placées de telle sorte que le liquide, arrivant dans la première, tombe dans la seconde par son propre poids. Les trois cuves supérieures ont 2 mètres 50 centimètres de diamètre sur une profondeur moyenne

de 1 mètre 80 centimètres. Chacune d'elles renferme un agitateur à axe vertical garni d'une traverse en bois disposée à 15 ou 20 centimètres du fond de la cuve ; sur cette traverse sont fixées des palettes mobiles en bronze. Les trois cuves communiquent entre elles par un système de tuyaux, disposés de telle sorte que la partie supérieure du liquide de la première coule à la partie inférieure de la seconde, et ainsi de suite. Une pompe en bronze aspirante et refoulante à double effet prend le liquide à la partie supérieure de la seconde des petites cuves du rez-de-chaussée et le porte au fond de la première des cuves du deuxième étage. Au-dessous de celles-ci, au premier étage, sont établis trois réservoirs ou appareils de lavage. Ces trois réservoirs portent chacun, fixé à son fond, un tuyau vertical de 40 centimètres environ de hauteur, qu'on peut fermer hermétiquement par un obturateur à vis parfaitement rodé ; ce tuyau transmet le liquide à la première des cuves du rez-de-chaussée. Ainsi la pompe qui puise le liquide dans la deuxième de ces cuves le conduit dans le premier appareil du deuxième étage ; il circule dans les deux suivants, tombe dans l'un des réservoirs du premier étage et retourne de là dans l'appareil inférieur, d'où il est repris par la pompe, *formant ainsi un système de circulation continue.*

Chacune des trois cuves supérieures est garnie d'un entonnoir renversé en cuivre, percé de trous, dont la partie inférieure se trouve à 25 centimètres du fond, à peu près. Ces entonnoirs sont en communication par des tuyaux de même métal avec une machine soufflante qui aspire le gaz d'un fourneau fermé, alimenté de charbon de bois ou de coke, et le disperse dans le liquide ; celui-ci arrivant au-dessus des entonnoirs à la même hauteur dans les trois cuves, le gaz se divise également dans toute la masse de liquide.

Toutes les cuves sont doublées en cuivre ; les dissolutions de plomb se faisant promptement jour à travers le tissu du bois.

Les appareils du rez-de-chaussée et du troisième étage sont remplis d'eau additionnée d'une certaine quantité d'acide pyroligneux bien pur et bien incolore ; les agitateurs de ces cuves sont mis en mouvement ; on verse alors dans celle du bas une charge d'oxyde de plomb brut (massicot), obtenu par la calcination du plomb à une température rouge obscur, dans un four à réverbère. Le mouvement opère la dissolution graduelle de l'oxyde ; la pompe, mise en jeu, enlève le liquide avec une quantité d'oxyde en excès et porte le tout dans les appareils supérieurs, où il est

mis en contact avec l'acide carbonique (ou le mélange gazeux qui le contient) refoulé par la machine soufflante; le sous-acétate se décompose en partie, il se forme de la céruse restant en suspension dans le liquide, en raison du mouvement continuel dont celui-ci est animé; l'acétate neutre provenant d'une partie de sous-acétate décomposée, se trouvant en présence d'oxyde de plomb *en excès*, en dissout et repasse ainsi à l'état d'acétate tribasique qui est décomposé à son tour par l'acide carbonique; il y a donc ainsi *formation continue et incessante de sous-acétate et de céruse* dans la masse du liquide des trois cuves supérieures. Pendant le trajet de ce liquide à travers les réservoirs, l'oxyde métallique en excès se trouve complétement dissous et remplacé par de la céruse. Il en résulte que le liquide, jaune dans le premier appareil, apparaît complétement blanc dans le dernier. C'est en cet état qu'il descend dans un des réservoirs du premier étage; le trop-plein coule par le tuyau de décharge dans les cuves inférieures, appelées, pour cette raison, cuves de saturation; il s'unit à une nouvelle quantité d'oxyde, et est repris par la pompe, qui le rejette dans les appareils de fabrication; il s'établit ainsi cette circulation continue dont il a été déjà parlé, et il s'ensuit une production incessante de céruse qui se dépose à mesure dans les réservoirs.

L'opération doit être menée de telle sorte que la dissolution, à la sortie des appareils du deuxième étage, ou de fabrication, contienne toujours du sous-acétate de plomb indécomposé.

Lorsque le produit s'est accumulé à une épaisseur suffisante, on fait couler le liquide dans un des trois réservoirs. Chacun de ces appareils renferme un agitateur dont les bras, munis de palettes, peuvent s'éloigner et se rapprocher du fond pendant qu'il est en mouvement. La cuve est remplie d'eau, on fait fonctionner l'agitateur, on baisse peu à peu les palettes à mesure que la matière se délaye; lorsque cette opération est terminée, on relève les ailes de l'agitateur et on laisse en repos; quand le liquide est clair on décante; on renouvelle trois fois ce lavage, puis on fait couler la céruse dans un bassin en pierre poreuse, placé au-dessous des réservoirs, et sous lequel circule la vapeur perdue du moteur.

L'oxyde de plomb que l'on emploie est *brut*, c'est-à-dire tel qu'on le retire du four à réverbère; il contient, par suite, une certaine proportion de plomb métallique divisé; on le sépare après l'épuisement de tout l'oxyde, en ouvrant des trappes ménagées au fond de chacune des cuves de saturation.

Les céruses obtenues par ce moyen jouissent de la propriété remarquable de se délayer, de devenir fluides par le mouvement ou par la percussion, lorsqu'elles semblent à demi-sèches. On met à profit cette propriété pour rapprocher leurs molécules et leur donner ainsi de la densité. A cet effet, la matière, parvenue à un degré de demi-siccité convenable, est soumise à l'action d'une batterie de pilons verticaux en bois, agissant sur une auge de même matière, inclinée ; la céruse redevient liquide sous le choc et est reçue dans de petits moules portatifs, lesquels sont garnis, à leur fond, d'une trappe à coulisse.

Lorsque l'un de ces petits appareils est plein, il est enlevé, porté au séchoir et vidé au moyen de la trappe. Ce séchoir se compose d'un vaste plancher de cuivre, échauffé en dessous par la vapeur perdue du moteur.

La céruse, complétement sèche, est soumise à l'action d'une machine qui a pour but de la réduire à l'état de poudre impalpable au moyen d'un ventilateur. L'appareil complet est en tôle et *hermétiquement clos*, afin de ne pas laisser le moindre passage à la matière pulvérisée, et il est mis en communication avec un autre ventilateur spécial qui appelle l'air du dedans en dehors, de telle sorte que l'ouvrier chargé du soin d'alimenter la machine se trouve complétement à l'abri des poussières. C'est le mouvement continu de l'air renfermé dans l'intérieur de cet appareil qui remplit pour ainsi dire l'office du tamisage ; en faisant cette opération en vase clos on a fait disparaître l'une des principales causes d'insalubrité de la fabrication.

Procédés divers. — Il est encore un procédé, exploité, dit-on, en grand en Angleterre, et qui n'est, à vrai dire, qu'une variante de ceux qui précèdent. Ce procédé consiste à humecter l'oxyde de plomb avec de l'acide acétique affaibli et à soumettre la matière à un courant d'acide carbonique. Au bout de quelques jours, la masse entière est convertie en blanc que l'on soumet au broyage comme dans la méthode hollandaise.

On comprend qu'on puisse éluder le rôle de l'acétate de plomb basique, et qu'on se passe de ce sel, du moment que l'on remplit ces deux conditions : production de l'acide carbonique et formation de l'oxyde de plomb, ce dernier en excès. C'est sur cette donnée que M. Versepuy a proposé un moyen de fabrication très-simple. Dans un cylindre formé d'une matière dure et poreuse, comme, par exemple, la lave, et animé d'un mouvement lent, circulaire, il met du plomb en grenaille humecté d'eau pure, et

fait passer à travers le cylindre un courant d'air; le plomb, par l'effet du mouvement, se réduit en poussière, il s'oxyde peu à peu et absorbe l'acide carbonique; comme l'air n'en contient qu'en minime proportion, la transformation est très-lente.

M. de Rostang divise le plomb en le coulant en un mince filet sur un disque de terre mû horizontalement et animé d'un mouvement rapide; la force centrifuge agissant, le plomb est divisé en grains infiniment ténus qui se prêtent à une oxydation facile; l'oxyde hydraté se carbonate à l'air.

Ces carbonates n'ont pas reçu jusqu'ici la sanction de la pratique; on ne saurait dire s'ils couvrent convenablement.

BLANC DE ZINC.

C'est à Guyton de Morveau, l'illustre auteur de la nomenclature chimique, et non à Atkinson, de Harrington, qu'il faut faire remonter la pensée d'employer l'oxyde de zinc dans la peinture. (*Annales des arts et manufactures*, an IX, t. IV, p. 161.) Courtois, sous sa direction, a tenté une fabrication industrielle, mais alors les moyens de préparation manquaient et les moyens de publicité n'existaient pas, si bien que le produit, s'appuyant *seulement* sur des motifs d'humanité, ne put s'imposer à une routine séculaire. On doit à M. Leclaire, peintre à Paris, d'avoir recommencé la tâche de Guyton de Morveau. Placé dans des conditions meilleures, avec des procédés plus parfaits, un métal plus abondant, ayant à sa disposition une publicité considérable, encouragé par un corps éminent (l'Institut), soutenu par une société puissante (la Vieille-Montagne), M. Leclaire est allé bien plus loin que son devancier; aujourd'hui l'industrie du blanc de zinc est créée, elle prospère, et si ce n'était la faveur dont jouit le métal qui souvent en élève trop le prix, le blanc de zinc se substituerait partout à la céruse, comme il s'est déjà substitué à elle pour les travaux *des entrepreneurs soucieux de la santé de leurs ouvriers et de la fraîcheur de leur peinture.*

La fabrication du blanc de zinc est des plus simples; on peut s'en faire une idée en chauffant du zinc dans un creuset; si dès que le métal arrive à l'ébullition on enlève le couvercle, la vapeur métallique s'enflamme, le courant d'air emporte les produits de la combustion, c'est-à-dire l'oxyde de zinc, qui n'est autre que le blanc de zinc. Cet oxyde s'élève dans l'air, s'y refroidit et retombe bientôt sous forme de flocons ou de longs filaments d'une substance blanche lanugineuse à laquelle on a donné les noms de

laine chimique (*lana philosophica*), blanc absolu (*nil album*), pompholix, etc.

Au lieu de creusets, qu'on s'imagine des rangées de cornues comme pour la fabrication du gaz (ces cornues sont indiquées en A), que l'on charge au moyen de lingots de zinc. Le métal fond et se vaporise. La vapeur arrive à l'ouverture de la cornue où elle est rencontrée par un courant de gaz B C; elle brûle et devient

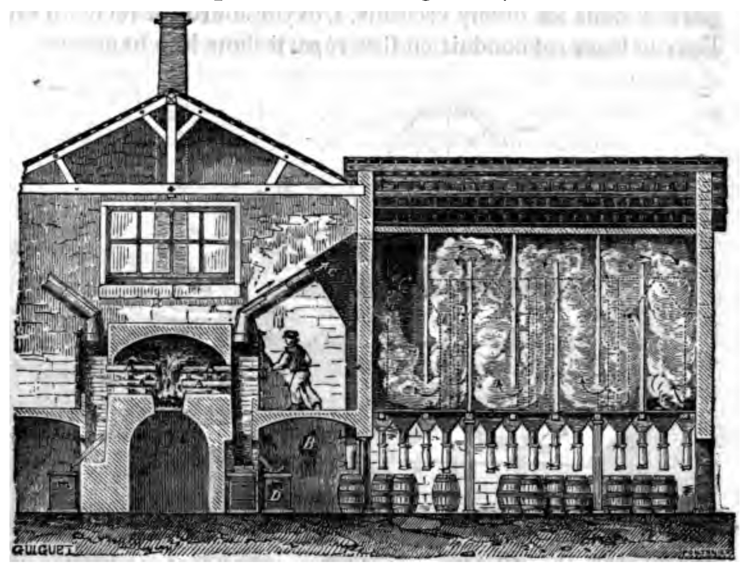


Fig. 315.—Fabrication du blanc de zinc; procédé de la Cie de la Vieille-Montagne, à Asnières.

oxyde de zinc. Cet oxyde, pour une petite partie, retombe en D, mais pour la plus grande partie il est emporté dans les chambres où il rencontre des obstacles qui l'arrêtent si bien que l'air qui enfin s'échappe n'en emporte plus que des quantités minimes; le sol de cette chambre est formé de trémies aboutissant à des tuyaux de forte toile qu'on tient fermés à volonté et dans lesquels s'engage l'oxyde dont les flocons, déposés sur les parois de la chambre, se sont détachés, entraînés par leur propre poids. Le procédé que nous venons d'indiquer est celui de M. Leclaire.

Une modification dans le four de M. Leclaire a été proposée par M. Sorel. Les cornues de celui-ci sont verticales, on les alimente par du zinc fondu. Le but que s'était proposé l'inventeur était d'utiliser la chaleur de la combustion du zinc pour chauffer

un étage supérieur et faire ainsi une double opération avec un seul feu; mais cette économie théorique s'est trouvée illusoire, et les avantages du procédé Sorel n'ont pas présenté un résultat industriel assez avantageux pour que ce système ait partout remplacé le précédent.

La figure 316 résume l'ensemble de l'opération telle que la pratique M. Latry, à Grenelle. Le zinc fondu en A est distribué par la porte B dans les divers creusets. L'oxyde lourd est recueilli en D, l'oxyde léger est conduit en C et réparti dans les chambres.

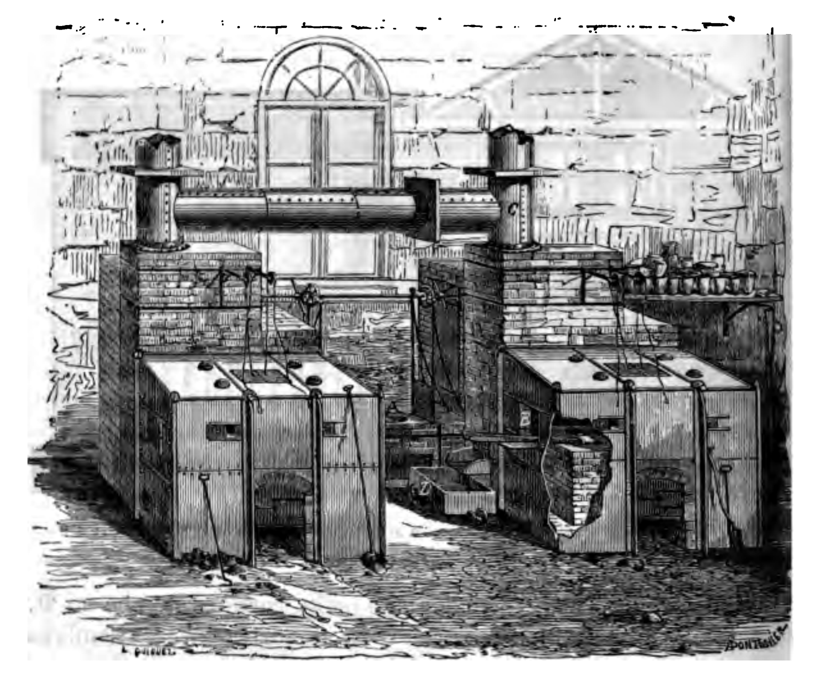


Fig. 316.—Fabrication du blanc de zinc par M. Latry, à Grenelle.

Le blanc de zinc est employé dans la peinture en concurrence avec la céruse; il présente, sur ce produit, l'avantage important d'être complétement inoffensif, tandis que la céruse est vénéneuse au plus haut degré, comme le sont d'ailleurs tous les composés de plomb; de plus, il est inaltérable aux émanations sulfhydriques qui noircissent la peinture au plomb. Il semblerait que des qualités si spéciales dussent faire adopter universellement le blanc de zinc à l'*exclusion de la céruse*, par tous comme il l'est par M. Leclaire; pourtant de nombreux peintres s'en tiennent encore à ce dernier

produit. Mais la céruse se présente, il est vrai, avec une qualité toute spéciale, qui est, le plus souvent, le motif déterminant de la préférence de certains peintres : elle se prête plus indéfiniment que le blanc de zinc à la falsification, au moyen de poudres inertes telles que le sulfate de baryte.

La céruse et le blanc de zinc ne sont pas les seuls blancs couvrant, à l'huile; la propriété de couvrir paraît appartenir, comme nous l'avons dit, aux sels de plomb basiques, à l'oxyde d'antimoine, aux sels insolubles du bismuth, particulièrement au sous-nitrate (blanc de fard); parmi ces produits, deux seulement, le sous-sulfate de plomb et l'oxyde d'antimoine, sont devenus, en Angleterre seulement, l'objet d'une fabrication sérieuse.

COULEURS PROPREMENT DITES.

Les diverses couleurs de la palette sont simples ou composées; les couleurs simples sont le rouge, le bleu, le jaune ; les couleurs composées sont les deux violets (rouge et bleu), les verts (bleu et jaune), les orangés (jaune et rouge). Les couleurs ne correspondent pas toutes aux rayons du prisme : elles s'éloignent plus ou moins de ces types, puis elles sont plus ou moins éclaircies, plus ou moins assombries. Comme leur nombre est infini, il serait important d'adopter une nomenclature qui permît de les dénommer facilement. C'est le but que s'est proposé M. Chevreul en construisant sa *Table chromatique*, que l'on trouve dans le commerce reproduite par la chromo-gravure, sous la direction de l'illustre chimiste, par M. Digeon. Au moyen de cette table, il est toujours possible de disséquer, pour ainsi dire, une couleur et d'indiquer lorsqu'elle est simple si elle est pure, ou combien elle contient de blanc ou de noir; si elle est composée, de préciser la nature et la proportion des couleurs simples qui la constituent, et aussi la quantité de blanc qui la dégrade ou de noir qui la rompt. Malheureusement, ce tableau n'est pas encore généralement adopté par l'industrie; on s'en tient à des noms qui souvent rappellent un produit naturel pris pour type, violet, rose, pistache, vert d'herbe, et souvent aussi sont sans aucune signification technique et indiquent seulement le lieu de leur découverte : bleu de Prusse, etc.

Les couleurs, pour le plus grand nombre, sont des matières minérales, et le plus souvent des composés métalliques, des oxydes, des sels, des sulfures; quelquefois ce sont des principes

immédiats, végétaux ou animaux, purs ou unis à des bases, comme le sont les acides, et formant ainsi de véritables sels appelés *laques*. D'autrefois, ce sont des produits de destruction des matières organiques, soit par une altération spontanée, soit par l'action du feu, etc.

On peut classer les couleurs d'après l'analogie de leur aspect, ou d'après l'analogie de leur composition chimique. Nous adopterons ce dernier mode, qui a l'avantage de grouper ensemble les produits de même nature dont, le plus souvent, la fabrication s'enchaîne.

COULEURS DU PLOMB.

Litharge, minium, mine orange.—La préparation de la litharge appartient à la métallurgie du plomb : l'oxyde obtenu par combustion du métal dans la coupellation est broyé et destiné aux travaux de la peinture. On emploie aussi, pour les mêmes applications, une litharge non fondue qu'on appelle massicot. La préparation de ce produit constitue le premier degré dans la fabrication du minium.

On introduit le plomb dans un fourneau à réverbère; il fond, et, exposé à l'air incessament renouvelé, il s'oxyde. La poudre jaune produite par cette oxydation est broyée entre deux meules sous un courant d'eau. Cette double opération divise la matière et en sépare le plomb non oxydé.

Ce massicot broyé, lévigé, séché, est introduit dans de petites caisses couvertes en tôle, soumis à l'action de l'air à une température inférieure à celle à laquelle le plomb a été oxydé. Dans ces conditions, il absorbe de l'oxygène, sa couleur se modifie et le minium se produit. Il est important que la température soit maintenue dans des limites rigoureuses, attendu que le minium est décomposable par un excès de chaleur. En exposant les caisses dans le four pendant la nuit, après que la journée a été employée à la fabrication du massicot, on utilise la chaleur acquise et on est à l'abri de toute chance de surchauffe. On dit d'un massicot exposé ainsi deux, trois, quatre fois au four, qu'il a reçu deux, trois, quatre feux.

On trouve dans le commerce un minium de belle qualité qu'on appelle mine d'orange; on l'obtient par la suroxydation du massicot obtenu en calcinant la céruse.

Le minium traité par l'acide nitrique se décompose en nitrate de plomb et oxyde puce (le bioxyde). Ce dernier oxyde a été obtenu

directement par M. Pallu, dans un four à minium, mais cette réaction n'a pas pu être reproduite régulièrement. On emploie le minium pour peindre sur fer et former ainsi un enduit destiné à préserver ce métal de la rouille.

COULEUR DE L'ANTIMOINE ET DU PLOMB.

Jaune de Naples (antimoniate de plomb).—Le jaune de Naples est formé d'antimoine, de plomb et d'oxygène; sa composition est indéterminée, on l'obtient par un grand nombre de recettes différentes. Le procédé de M. Brunner consiste à mélanger une partie d'émétique, deux de nitrate de plomb et quatre de sel. On introduit ce mélange dans un creuset, on calcine doucement jusqu'à fusion, puis on laisse refroidir, on pulvérise la masse solidifiée et on la lave pour enlever le sel marin. Le broyage doit se faire sur un porphyre, le fer et la pierre réagissant sur cette couleur.

Cette préparation demande une grande habitude pour être réussie : trop de feu altère le produit, trop peu ne donne pas le résultat voulu. Quelquefois la couleur, trop pâle, peut être avivée par l'acide chlorhydrique. Quand elle est dans les conditions les meilleures, elle donne un beau ton d'or. Elle est plus stable à l'air que beaucoup de couleurs plombiques. Peu soluble, elle est peut-être moins dangereuse ; mais, en somme, elle tient du plomb et de l'antimoine, et, à ce double titre, elle doit être suspecte au peintre et à l'hygiéniste.

Le jaune minéral de Mérimé et le jaune de M. Pinard sont des produits de composition analogue.

COULEUR DU CADMIUM.

Jaune de cadmium.—Le jaune de cadmium est le sulfure de ce métal ; c'est une fort belle couleur, solide. On l'obtient en précipitant par l'hydrogène sulfuré une dissolution de cadmium bien pure ; on peut obtenir un jaune *métis* en précipitant le sulfate de cadmium par le sulfure de baryum. Cette couleur est assez claire ; on la falsifie principalement avec du chromate de plomb. Rien n'est plus facile que de dévoiler ce mélange. Il suffit d'imbiber d'une dissolution de sulfure alcalin le jaune de cadmium pour modifier sa couleur jaune, qui devient noire ou vert sale à cause de la formation du sulfure de plomb noir.

COULEURS DU CHROME.

Jaune de chrome.—Quand on précipite une dissolution de chromate de potasse par une dissolution de nitrate ou d'acétate de

plomb, on obtient un jaune dont la nuance et l'éclat varient selon les circonstances dans lesquelles s'est opérée la précipitation. Suivant ces circonstances, la nuance peut passer du jaune le plus clair au jaune orangé le plus foncé. On obtient le jaune clair en précipitant à froid une dissolution très-étendue de chromate neutre de potasse par environ trois fois et demie son poids de nitrate ou d'acétate neutre de plomb.

Le jaune orange s'obtient en précipitant à froid une dissolution peu étendue de chromate neutre de potasse par environ deux fois et demie son poids de nitrate ou d'acétate neutre de plomb.

Si on veut préparer un jaune encore plus foncé que le précédent, on opère la précipitation à chaud et on ajoute au précipité un peu de chaux éteinte ; on agite vivement et on laisse la réaction s'opérer pendant quelques minutes. Après quoi, on verse sur le tout une petite quantité d'acétate de plomb. Avant de recueillir les jaunes, on a soin de leur donner un ou deux lavages. Enfin, on jette le précipité sur le filtre, et, quand il est suffisamment égoutté, on le sépare en pains cubiques de 6 à 7 centimètres de côté.

Le chromate de plomb jaune est le sel neutre ; il existe un chromate basique connu sous le nom de vermillon de chrome. On l'obtient en enlevant au chromate jaune une partie de son acide ; on opère par voie sèche ou par voie humide. Par voie humide, on traite le chromate de plomb par une dissolution de potasse caustique ; le produit qu'on obtient ainsi est peu solide, on le réussit difficilement deux fois de suite avec la même teinte. Le procédé par voie sèche est dû à M. de Liebig ; il consiste à traiter le chromate jaune par le salpêtre. Ce dernier sel est décomposé ; l'acide nitrique se sépare décomposé ; la potasse s'empare d'une partie de l'acide chromique ; on lave et on obtient du chromate de potasse soluble et la couleur rouge insoluble.

Jaune de zinc.—L'oxyde de zinc donne, avec l'acide chromique, un jaune très-léger et facile à préparer. La recette la meilleure pour obtenir cette couleur est due à M. E. Ménier, qui l'obtient en traitant l'oxyde de zinc par une dissolution d'un mélange de bichromate de potasse et d'acide sulfurique, équivalent pour équivalent, ce qui, en définitive, constitue une dissolution d'acide chromique. La quantité de bichromate à employer est arbitraire, elle dépend de l'intensité que l'on veut donner à la couleur jaune. Si ce réactif était employé avec excès, l'oxyde de zinc serait con-

depuis identique à celui de Pannetier ; toutefois, comme ce chimiste a pris un brevet, il nous est possible d'indiquer le mode de préparation qu'il emploie, tandis que M. Binet garde toujours le silence sur le procédé Pannetier.

L'opération consiste en ceci : un four à réverbère est maintenu constamment au rouge sombre, on y introduit le mélange (en proportion équivalente pour la réaction) d'acide borique, de bichromate de potasse ou de soude, avec une certaine quantité d'eau. Aussitôt que la réaction est terminée, on traite la masse par l'eau et on la soumet à un lessivage complet. Le produit ainsi obtenu est broyé à l'eau. Les eaux de lavage évaporées et décomposées par l'acide chlorhydrique restituent l'acide borique qui rentre dans la fabrication.

Les verts composés sont tous formés d'une poudre inerte, teinte en jaune (généralement de sulfate de baryte coloré en jaune par un dépôt de chromate de plomb), et tournée au vert par une addition de bleu de Prusse.

COULEURS DU MERCURE.

Cinabre, vermillon.—Le cinabre est un produit naturel que les arts savent obtenir ; il est composé de soufre et de mercure. C'est un sulfure de mercure qui paraît avoir été connu de toute antiquité ; l'*Encyclopédie japonaise* parle de son extraction et de sa préparation artificielle. L'écrivain chinois dit qu'en chauffant le cinabre naturel on obtient du mercure, et qu'avec le mercure et le soufre on obtient du cinabre semblable au composé de la nature, mais dont on ne retire plus de mercure par l'action du feu. Il ajoute : La force de la nature est dans ce cas vaincue : la raison de cette anomalie apparente est facile à saisir, le cinabre natif est mélangé de calcaire ; le cinabre artificiel est pur. Le premier se détruit, le second se sublime.

Le sulfure de mercure est préparé par voie sèche ou par voie humide ; dans ce second cas, on l'obtient en poudre d'un vif éclat ; il prend alors le nom de *vermillon*, que l'on donne également d'ailleurs au cinabre pulvérisé.

Vermillon.—Pour préparer le vermillon on peut suivre soit la voie sèche, soit la voie humide. Voici un procédé entre un grand nombre :

On pèse quatre-vingt-cinq parties de mercure et quinze de soufre et on fait un mélange de ces deux substances en les tournant pendant trois à quatre heures dans un tonneau en bois.

lorsque la masse est homogène, on l'introduit dans des vases en fonte et on la sublime.

On peut, d'après Werhle, ajouter pour la sublimation un centième de sulfure d'antimoine et traiter le vermillon obtenu (cinabre pulvérisé) par une dissolution bouillante de polysulfure alcalin, puis, par l'eau pour le laver exactement, enfin par l'acide chlorhydrique affaibli. Ce dernier lavage complète l'opération.

La préparation par la voie humide diffère en ce que le mélange de soufre et de mercure, au lieu d'être sublimé est mis à digérer avec une dissolution de potasse; après quelques heures à une température de 50 degrés environ, le précipité prend une belle couleur rouge. Les proportions proposées par M. Brunner sont les suivantes : mercure, 300; soufre, 114; potasse, 75; eau, 400. On peut varier ce procédé en chauffant à sec le mélange de mercure et de soufre et pulvérisant la masse obtenue que l'on fait digérer comme il a été dit dans la dissolution de potasse.

COULEURS DU CUIVRE.

Le cuivre donne les trois couleurs simples : le jaune, le rouge, le bleu. Il y a, en outre, des sels de cuivre blancs, d'autres sont noirs, il en est de verts, certains sont violets, d'autres sont orangés. De tous ces composés colorés, trois seulement sont employés en peinture comme *verts* : les carbonates de cuivre, les sous-acétates et les arsénites; comme *bleus*, le carbonate; comme *rouges*, le protoxyde, spécialement pour la peinture vitrifiée.

Vert de cuivre.—Le carbonate de cuivre, employé comme couleur verte, est la malachite, composé naturel que l'on rencontre dans les monts Ourals, en Sibérie. On la prépare artificiellement, mais moins stable, en précipitant le sulfate de cuivre par le carbonate de soude (deux de sulfate de cuivre, quatre de cristaux de soude). Il est convenable que la température de la dissolution soit de 60 à 70 degrés; le précipité, lavé abondamment à l'eau chaude, est séché à l'air libre.

On peut obtenir un vert bleuâtre en remplaçant les cristaux de soude par leur équivalent d'alcali caustique. Ce vert particulier s'appelle *vert de Brême ;* c'est une mauvaise couleur.

L'arsenic et le cuivre peuvent former trois verts différents par leur ton et par leur composition : le vert de Scheele, le vert de Schweinfurt et le vert de Mittis. Le *vert de Scheele* porte le nom de son illustre inventeur; il s'obtient en précipitant le sulfate de cuivre par l'arsénite de potasse.

Le *vert de Schweinfurt* tire son nom d'une ville de Bavière, où il fut fabriqué pour la première fois par des fabricants, Rusz et Sattler; l'analyse et le mode de préparation de cette couleur ont été donnés par M. de Liebig et par Braconnot. Les procédés des deux chimistes, très-différents en apparence, arrivent au même but, et les produits qu'on en obtient sont identiques; le vert de Schweinfurt peut être considéré comme une combinaison d'acétate de cuivre avec le précédent.

Les teintes jaunes de ces couleurs m'ont toujours fait supposer que leur formule rationnelle devait admettre à la fois de l'arsénite cuivrique et de l'arséniate *cuivreux*, le jaune étant la couleur de l'hydrate de protoxyde de cuivre. Pour préparer le vert de Schweinfurt on fait réagir directement l'acide arsénieux sur l'acétate de cuivre, en présence d'un excès d'acide acétique. Lorsque le vert est formé, on le fait au besoin virer au jaune par l'addition du carbonate de potasse.

Voici une recette entre mille, celle de M. Wiegans; on peut dire qu'il y en a autant que de fabricants. Faites dissoudre 10 kilogrammes d'acide arsénieux dans 150 litres d'eau, ajoutez 10 kilogrammes d'acétate de cuivre, précipitez par 500 grammes de potasse, brassez le tout jusqu'à ce que le précipité soit bien homogène, laissez déposer, décantez sur une toile et séchez.

Le *Vert de Mittis* (indiqué par M. de Mittis, de Vienne), est un arséniate de cuivre; on l'obtient directement en précipitant le sulfate de cuivre par l'arséniate de potasse. Le plus souvent cette précipitation est faite en présence de sulfate de baryte impalpable qui se teint en vert et donne ainsi un produit à bon marché. Le *vert de Paul Véronèse* est également un arséniate de cuivre.

Quels que soient l'éclat et la fraîcheur de ces couleurs de cuivre, d'ailleurs vénéneuses par l'acide et par la base, il convient de les proscrire. Des faits nombreux, signalés dans ces derniers temps, ont prouvé que l'emploi de papiers verts à l'arsenic était la cause de maladies dont on ne savait trouver l'origine et qui souvent avaient les suites les plus funestes.

Plusieurs combinaisons de l'acide acétique et de l'oxyde de cuivre sont employées dans la peinture; *le vert-de-gris* est un acétate de cuivre tribasique. On l'obtient en exposant le cuivre à l'action simultanée de l'oxygène atmosphérique et de l'acide acétique. On demande ce dernier acide aux sources qui le donnent au moindre prix. A Montpellier, on emploie directement

des marcs de raisin qui, par la suite de la fermentation et de l'oxydation directe de l'alcool, se chargent d'acide acétique et émettent des vapeurs acides. A Grenoble, on emploie du vinaigre dans lequel on immerge de temps en temps le cuivre. En Suède, on met le métal en contact avec des flanelles imprégnées de vinaigre et on abandonne le tout à l'action de l'air.

Voici en détail comment l'opération se conduit à Montpellier, qui est le principal centre de cette fabrication. Le cuivre est en lames de 2 à 3 millimètres et fortement écroui, on le frotte de vinaigre ou d'une dissolution faible d'acétate de cuivre et on le place dans des caisses chaudes où il attend qu'on le mette en œuvre. Le marc est déposé dans des tonneaux sans être foulé, maintenu dans un endroit sec et bien aéré. Il entre en fermentation et prend l'odeur du vinaigre. Lorsque le marc est convenablement préparé, ce dont on s'assure en y enfouissant une lame de cuivre, on dispose dans des fosses en briques une couche de ce marc, puis un lit de feuilles de cuivre, puis une couche de marc, et ainsi alternativement le marc et le cuivre, de manière à remplir la fosse qu'on recouvre en dernier lieu d'une couche de marc et qu'on ferme avec un lit de planches. On répète cette opération dont la durée est variable; elle est terminée quand le marc est devenu blanc. Alors on enlève les lames, on les expose à l'air encore humides, puis on les porte à l'étuve et on les plonge dans l'eau froide. On expose à l'air, et on répète cette immersion et ces expositions à l'air alternativement autant de fois qu'il le faut (6, 7 fois et plus), jusqu'à ce que la couche de vert-de-gris ait une épaisseur suffisante; alors on râcle les plaques et on recommence l'opération.

Lorsqu'on a frotté la plaque de cuivre avec du vinaigre ou une dissolution d'acétate de cuivre, on s'est assuré en provoquant une oxydation légère, uniforme sur toutes les parties, qu'aucune place du cuivre n'échappera à l'opération du *vert-de-grisage*. La première couche d'oxyde a été rendue adhérente par la dessiccation sous l'influence de l'air et de l'acide acétique développé par le marc de raisin; aidé d'une température favorable, l'acétate de cuivre s'est ainsi produit. L'évaporation à l'air a commencé la dessiccation de cette couche peu adhérente que l'évaporation à l'étuve a fixée plus intimement. L'immersion dans l'eau a mis l'acétate de cuivre dans des conditions d'humidité nécessaires pour que l'air puisse continuer l'oxydation qui sans cela s'arrêterait dès que la couche altérée serait sèche, ce qui oblige à ces

immersions dans l'eau froide; (il est évident que l'eau mouille la couche du vert-de-gris, mais qu'*elle ne la lave pas*, celle-ci étant sèche et l'immersion étant rapide).

Le vert-de-gris dissous dans le vinaigre donne de beaux cristaux d'acétate neutre, *verdet* ou cristaux de Vénus. Ce produit est employé en teinture, et ce n'est pas une couleur à proprement parler.

Bleu de cuivre.—Pour obtenir les cendres bleues (françaises), on prépare du nitrate de cuivre aussi peu acide que possible, on ajoute à la dissolution de ce sel du lait de chaux, en laissant le nitrate de cuivre en excès; on lave le précipté, on le fait égoutter, puis on traite la matière ressuyée par un peu de chaux *vive* en poudre. Le mélange se fait sur le porphyre ou dans un mortier.

La couleur correspond à l'azur de cuivre ou bleu de montagne (azurite), qui constitue les cendres bleues naturelles. Le produit fabriqué en Angleterre est plus beau, plus estimé que celui de nos fabricants.

M. Péligot, à l'occasion de son travail intéressant sur l'action qu'exerce l'oxygène atmosphérique, au contact de l'ammoniaque, sur la tournure de cuivre, a fait connaître une nouvelle couleur bleue qu'il obtient de différentes matières, notamment en versant une dissolution de potasse ou de soude dans une dissolution d'un sel de cuivre mélangé avec un sel ammoniacal. La belle substance bleue qui se forme dans ces conditions est un oxyde de cuivre CuO,HO, insoluble dans l'eau, stable à 100 degrés, absorbant l'acide carbonique de l'air.

COULEURS DU COBALT.

L'azur ou smalt, ou bleu de Saxe, est une matière vitreuse colorée en bleu et réduite en poudre. Chimiquement, c'est un silicate de potasse, mêlé de plus ou moins de silicate double de cobalt et de potasse, qui est le colorant bleu.

On prépare directement l'azur avec le minerai de cobalt (appelé speiss, arséniure de cobalt et de fer) et le sable. Le minerai est grillé, ce qui a pour but d'éliminer l'arsenic et de convertir le fer en sesquioxyde, infiniment moins colorant que les oxydes intermédiaires; ceux-ci donnent, en effet, le vert, tandis que le sesquioxyde colore faiblement en un jaune orange que neutralise la couleur bleue du cobalt.

Le minerai grillé est mêlé avec du sable ou avec du quartz en poudre et avec du carbonate de potasse. Le mélange est introduit

dans un pot de verrier et chauffé dans un four ordinaire de verrerie. Lorsque la masse est fondue, on l'écume, on sépare le *fiel de verre* qu'on rejette, puis on enlève avec des cuillers le verre bleu qui forme la couche intermédiaire, et on jette dans l'eau cette masse fondue ; on laisse au fond du pot le minerai non attaqué et les scories, on met par-dessus une nouvelle charge et on continue à chauffer le four. L'opération est incessante, elle marche tant que dure le four. Le verre bleu jeté dans l'eau se brise en fragments ; on le retire, on l'égoutte, on le broie sous des meules et on l'amène au degré de finesse exigé par le commerce.

Ce procédé donne avec de bons minerais de beaux produits. On obtient des résultats meilleurs et plus constants en substituant aux minerais de l'oxyde de cobalt purifié. Le bleu le plus beau porte le nom de *bleu d'Eschel.* Il sert pour azurer le linge; le plus commun est le sable à poudrer l'écriture.

Le bleu Thénard est l'analogue du smalt; il est plus opaque, couvre mieux; de plus, comme on le prépare avec des produits plus épurés, il est plus frais et plus vif; on l'obtient en calcinant un mélange d'alumine et de phosphate de cobalt de 1/5, 2 et 3 du premier pour 1 du second. L'alumine provient de la décomposition par la chaleur de l'alun ammoniacal; l'intensité du bleu dépend de la proportion du cobalt qui donne le bleu. L'acide phosphorique facilite l'union de l'oxyde de cobalt avec l'alumine, mais il ne paraît pas qu'il entre nécessairement dans la constitution du produit, attendu qu'un mélange d'alumine et d'oxyde de cobalt *seuls* donne le bleu Thénard. Il me semble probable que dans l'opération ordinaire l'acide phosphorique est chassé au moins en partie, pendant la calcination. Le bleu Thénard n'est pas comme l'azur un produit vitrifié, il est pourtant *un peu fritté*, ce qui fait qu'il s'affaiblit lorsqu'on le pulvérise, moins toutefois que ne le fait l'azur. C'est une couleur inaltérable qui va prendre une grande importance du nouveau mode de préparation de l'alumine établi à Alais (Gard) par M. Sainte-Claire-Deville.

Vert de Rinmann.—Si on remplace l'alumine par l'oxyde de zinc dans la préparation du bleu Thénard, on obtient une couleur verte très-solide, qu'on appelle vert de Rinmann, du nom de l'inventeur. Cette couleur est d'autant plus verte qu'elle est plus riche en cobalt; on l'obtient d'après M. Fordos par la calcination du simple mélange des deux oxydes de zinc et de cobalt.

COULEUR DE L'ALUMINE.

Outremer.— On sait préparer l'outremer. On le produit régulièrement, facilement, et alors il est à l'analyse identique au lapis-lazuli que nous présente la nature, seulement on ne peut pas dire comment sont groupés les éléments qui le constituent : on ne connaît pas sa formule rationnelle. Les matières qui entrent dans sa composition sont la silice, l'*alumine*, la soude, le soufre; certains praticiens ajoutent à leur recette l'arsenic, mais on peut n'en pas employer; quelques analystes ont également constaté la présence du fer, mais ce produit semble être accidentel. On a dit que l'outremer pourrait bien être un sel d'alumine dont l'acide, composé oxygéné du soufre, serait *bleu*. Nous partageons cette manière de voir, parce que cet acide *encore hypothétique* ne serait pas le seul qui communiquât à ses sels une couleur bleue, et parce que l'instabilité d'un acide n'implique pas l'instabilité du sel; enfin, parce que lorsqu'on dissout le soufre dans l'acide sulfurique concentré, mêlé d'acide anhydre, on obtient une magnifique couleur bleue, due très-probablement à la formation d'un composé oxygéné du soufre.

Il est à espérer que M. Guimet, à qui on est redevable de cette brillante découverte de la production de l'outremer artificiel, fera connaître son procédé, qui, jusqu'à ce jour, est encore un secret, dont deux honorables académiciens sont les seuls dépositaires. M. Guimet, a été conduit à sa remarquable invention par les données de la science, il doit à la science de lui offrir aujourd'hui les résultats de sa pratique qui, à leur tour, éclaireront la théorie.

L'outremer a été observé pour la première fois par Taffaert (en 1814), dans les circonstances que voici : on démolissait un four à soude qui recevait du sulfate de soude, de la craie et du charbon, or une *matière bleue* se trouva sur les briques du four, c'est-à-dire sur la silice et l'alumine. Vauquelin, qui fit l'analyse de ce composé, y rencontra la silice, l'alumine, la soude et le soufre. Tels furent les indices qui guidèrent M. Guimet, puis MM. Robiquet et Ferrand, Gélin, Tiremon, Brunner, Armet, de Zuber et tant d'autres.

Les procédés publiés pour la préparation de l'outremer sont en apparence très-différents entre eux, mais ils peuvent, par un examen attentif, être soumis à une explication commune. M. Pruckner a fait connaître la marche suivie à Nuremberg. Elle

consiste à mélanger une argile non ferrugineuse et bien fine avec 4 fois son poids d'une dissolution de bisulfure de sodium (à 25 pour 100 de sel sec); le mélange bien intime est desséché à l'absolu et réduit en poudre. La poudre est distribuée dans des moufles par couches de 6 à 8 centimètres d'épaisseur, et portée au rouge en renouvelant les surfaces *et donnant accès à l'air*. La matière, dans ces conditions, se colore successivement en brun de foie, rouge, vert et bleu. Quand elle est à la teinte qu'indique la pratique, on la retire des moufles, on la lave à l'eau, on la sèche, on la pulvérise finement, puis on l'introduit de nouveau dans des moufles, on la soumet à la température d'un feu modéré. La couleur bleue se développe et s'affine, il ne reste plus qu'à opérer le broyage sous des meules en granit.

M. Brunner fait un mélange de silice, sable quartzeux et alumine provenant de la calcination de l'alun ammoniacal (sable, 70; alumine, 240); il ajoute : soufre en fleur, 144; carbonate de soude (cristaux séchés et calcinés), 240; charbon de bois, 48. Le mélange est broyé dans la machine à gobilles et rendu très-intime, puis calciné légèrement dans un creuset où il subit un ramollissement, se tasse et se présente finalement sous forme d'une masse jaune verdâtre. Cette matière, retirée du creuset, est lavée à l'eau froide : elle donne comme produit une poudre bleue verdâtre qui, séchée, est d'un gris de cendre. *Cette matière sèche*, mêlée à la fleur de soufre et à une fois et demie son poids de carbonate de soude, est chauffée de nouveau dans le creuset; sa teinte s'enrichit par ce deuxième traitement. Une troisième opération l'affine encore; quelquefois une quatrième est nécessaire. Enfin un dernier traitement consiste à étendre sur une plaque de fonte une couche de fleur de soufre, puis par-dessus une couche du bleu en préparation et à porter cette plaque au four. Le soufre s'enflamme, le courant d'air chasse l'acide sulfureux produit. Cette opération qui achève la fabrication doit être répétée jusqu'à ce que le bleu ait l'intensité et la pureté de nuance que l'on désire.

COULEURS DU FER.

Le fer est un métal très-tenace, mais il ne faut pas en induire que ses couleurs résistent nécessairement à l'air, ce qui est un autre genre de solidité. Nous entendions, un jour, un marchand de couleurs dire à un artiste : « Si c'est solide...! mais c'est une couleur à base de fer! » Il est telle couleur de fer qui est très-instable, nous connaissons un oxyde bleu de fer qui peut être le type de

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible] est obtenu par calcination [illegible] légèrement grillé à l'air, est calciné dans des cornues lorsqu'on se propose de recueillir l'acide [illegible], connu dans le commerce sous le nom d'acide fumant [illegible]. Dans ce cas, le colcothar est un résidu de fabrication; on le retire de la cornue par fragments agglomérés, on le pulvérise, puis on le broie à l'eau.

Le caractère de pureté de cette couleur est le même que celui des mars, ce doit être du peroxyde de fer pur.

Ocres. — Les ocres sont des mars naturels, leur couleur est due au sesquioxyde de fer mêlé à l'argile. L'*ocre jaune* est le produit tel que la nature nous le présente; l'ocre rouge s'obtient par la calcination de l'ocre jaune.

Les mines ou carrières d'argile ferrugineuse employées comme ocres se trouvent à une certaine profondeur; l'épaisseur des cou-

.es est très-variable, on en rencontre dans un grand nombre : localités en Saxe, en Hollande, en Italie. Nos ocres sont très- putées, nous en avons dans la Nièvre, dans le Cher, dans Yonne.

Le procédé d'extraction et de préparation est des plus simples, est par la lévigation que l'on sépare les poudres à divers degrés e ténuité; pour les avoir plus fines encore, on leur fait subir un royage à l'eau; on a proposé d'appliquer à la préparation de ces oudres la force centrifuge et la ventilation, mais les résultats ont té moins bons; le broyage et le blutage donnent des produits xcellents.

Pour préparer l'*ocre rouge*, on grille l'ocre jaune soit en morceaux, soit en poudre; on obtient ainsi les *brun rouge*, *rouge de Juremberg*, *terre rouge*, *rouge de Prusse* (ce dernier nom a été onné originairement au peroxyde de fer, qu'on obtient en calcinant le bleu de Prusse au contact de l'air); les *rouges de Vienne et 'Anvers* paraissent également être des ocres.

Le *brun Vandick* est préparé tantôt avec des ocres calcinés, ntôt avec des màrs ou avec des mélanges. La *terre de Sienne* ıraît être aussi un produit de la nature des ocres; elle se présente en morceaux inégaux, d'un jaune très-foncé et d'un jaune air dans la cassure; calcinée, elle devient rouge foncé.

La *terre d'ombre,* qui nous vient principalement de l'île de ıypre, était anciennement, paraît-il, tirée de l'Ombrie; elle ıut être classée parmi les composés du fer, elle est caractérisée .r la présence du manganèse; le commerce la reçoit en fragents bruns happant à la langue; en broyant ces morceaux, on ı retire par lévigation une poudre brune qui se modifie à l'air, calcination lui fait prendre une teinte brun rouge.

COULEURS DE L'ARSENIC.

L'orpiment (sulfure d'arsenic) est une couleur jaune assez belle, ais peu stable et incompatible avec un grand nombre d'autres ıuleurs. Comme ce produit est excessivement vénéneux il de- 'ait être abandonné; sa consommation, du reste, diminue de us en plus. On le trouve tout fait dans la nature et les pays s plus divers nous en fournissent; on le prépare en sublimant ı mélange de soufre avec son double poids d'acide arsé- eux.

Le réalgar est le sulfure rouge; il existe à l'état naturel. On le ·épare en chauffant un mélange de deux équivalents d'acide

arsénieux avec cinq équivalents de soufre ou directement avec le soufre et l'arsenic (2 : 1).

CARMINS ET LAQUES.

On donne le nom de carmin au principe coloré extrait d'un végétal ou d'un animal, et le nom de laque à la combinaison de ce principe avec un oxyde métallique, généralement l'alumine, l'oxyde de zinc, l'oxyde d'étain, etc. Le carmin n'est pas un principe chimiquement pur ; il renferme des quantités variables des substances qui l'accompagnent et quelquefois des réactifs employés à sa préparation.

Les laques, qui sont à proprement parler des sels, ne sont pas toutefois des produits chimiques purs, et c'est à regretter, parce qu'elles seraient toujours identiques à elles-mêmes ; les laques contiennent souvent les impuretés des carmins et d'autres encore dues à une préparation moins soignée. On prépare les carmins de garance, de cochenille, de safran, d'indigo, d'orseille, les laques de garance, de cochenille et surtout les laques de bois colorants. On n'emploie guère en peinture que le carmin de cochenile, les laques de cochenille, les laques de garance, celles de bois de Fernambouc, les laques de gaude et les laques de graine de Perse.

Carmins et laque de cochenille. — On fait bouillir pendant vingt minutes 10 kilogr. de bonne cochenille dans 1000 litres d'eau de rivière, tenant en dissolution 560 grammes de sel de soude ; après l'ébullition, on jette dans le bain 650 grammes d'alun épuré en poudre, on agite doucement pendant une minute, puis on laisse réagir pendant environ trois quarts d'heure ; au bout de ce temps, le bain doit avoir acquis une belle teinte rouge, que l'œil exercé du praticien sait saisir ; c'est alors seulement qu'il convient de soutirer le liquide clair dans lequel on ajoute après le soutirage 600 grammes de crème de tartre en poudre ; on agite vivement pendant une ou deux minutes, puis on précipite les liqueurs avec 4 kilogr. de colle en gelée équivalant à 150 grammes de colle de poisson sèche ; cette quantité suffit ordinairement pour déterminer la précipitation du carmin : cependant si elle ne suffit pas, on ajoute de la colle par petites portions jusqu'à ce que le carmin se sépare, on laisse ensuite déposer, puis on décante les liqueurs claires, on jette le précipité sur un filtre en toile, et quand il est suffisamment égoutté on l'étend sur des assiettes que l'on porte à l'étuve.

Les résidus provenant de 10 kilogrammes de cochenille qui

ont servi à préparer le carmin sont repris pour en extraire ce qu'ils retiennent de matières colorantes : pour cela on les fait bouillir à trois reprises différentes pendant une demi-heure dans 300 à 400 litres d'eau, aiguisés chaque fois de 500 grammes de cristaux de soude. Les liqueurs provenant de ces trois ébullitions sont réunies aux eaux qui surnageaient le carmin, puis on les précipite avec de la dissolution d'étain (dissolution des teinturiers), si l'on veut obtenir une laque écarlate ; dans le cas où l'on voudrait préparer de la laque carminée, on verserait dans les liqueurs d'abord une dissolution d'alun, puis une dissolution de cristaux de soude ; l'alumine en se précipitant entraîne avec elle la matière colorante, qui est d'autant plus riche qu'on aura employé moins d'alumine pour la précipiter. Après leur précipitation, on donne aux laques deux ou trois lavages.

Laques de garance.—M. Lefort, dont nous avons souvent consulté l'excellent livre sur les couleurs, donne le moyen suivant pour obtenir un *carmin de garance* applicable comme couleur.

La garance est mise à fermenter et lavée, puis versée dans quatre fois son poids d'acide sulfurique non nitreux, marquant 55° Baumé. Le mélange est fait dans un vase de plomb entouré d'eau froide; toutes précautions sont prises pour éviter la trop grande élévation de température. On obtient ainsi une bouillie qu'on abandonne pendant trois heures, puis qu'on délaye avec 5 parties d'eau. On filtre à travers le verre pilé et on étend d'une grande quantité d'eau aussi pure que possible.

Au moyen de cette dilution, la matière colorée devenue insoluble se précipite en entraînant des matières minérales, mais en moindre quantité que dans la laque. Cette belle couleur est composée pour la plus grande partie d'alizarine, principe immédiat de la garance dont on doit la découverte à Robiquet et à M. Colin.

Pour préparer la laque de garance on peut suivre la recette suivante:

La garance est lavée, épurée, afin de séparer le sucre et les matières gommeuses; l'eau de lavage est acidulée pour éviter toute perte de colorant. Cela fait, elle est traitée par 10 fois son poids dans une dissolution d'alun (1 d'alun, 10 d'eau); la décoction se fait au bouillon, elle dure 15 à 20 minutes; le liquide est filtré à travers une chausse. On laisse tomber la température à 40 degrés, on ajoute en cristaux de soude 12 à 15 pour 100 du poids de l'alun employé et on porte à l'ébullition, la couleur se

forme et se dépose. Cette recette n'a rien d'absolu, chaque fabricant a la sienne. En somme, le procédé consiste à dissoudre la matière colorée au moyen de la dissolution aqueuse d'alun qui est le meilleur dissolvant, ainsi que l'a démontré feu M. Stakler, de Rouen.

Pour préparer avec avantage les produits qu'on peut obtenir de la garance, et dont les laques de Rome, celles de madame Gobert et celles de M. Robert, de Sèvres, sont des spécimens, il convient de se reporter aux travaux publiés sur la garance par Robiquet et M. Colin, par MM. Gaultier de Claubry, Runge, Persoz, et dernièrement par M. Kopp (*Répertoire de chimie appliquée*, avril 1861 et mois suivants).

Laque de bois.—La *laque de bois rouge* se prépare en faisant une forte décoction de fernambouc, et délayant dans ce liquide un mélange de craie et d'alun avec de l'amidon; la matière amylacée se recouvre de sous-sulfate d'alumine, lequel fixe la matière colorée. C'est, ainsi qu'on le voit, une laque additionnée de matières étrangères.

La laque en boule de Venise se prépare, d'après M. Girardin, en pétrissant un mélange de gélatine et d'alumine en gelée dans une décoction de bois du Brésil, l'alun avive la couleur, le savon lui donne un reflet violet.

La préparation de la *laque jaune de gaude* ne diffère pas de celle de la laque rouge : on délaye de la craie bien pure dans l'eau, on y ajoute 1/5 de son poids d'alun, finement pulvérisé; on obtient ainsi du sulfate de chaux, du sous-sulfate d'alumine, et tandis que ce précipité complexe est en suspension, on ajoute une forte décoction de gaude, on laisse déposer, on décante, et la couleur rassemblée en pâte est portée sur des tables absorbantes de craie ou de plâtre où elle se ressuie, puis on la met en trochisques et on la fait sécher à l'ombre.

Les laques pour teinture seront étudiées à l'article *Teinture*, TEI.

Couleur du nerprun.—On peut dire du *vert de Chine* que c'est à proprement parler un carmin; l'attention a été appelée sur ce produit par M. Daniel Kœchlin, qui a signalé comme digne d'intérêt, parmi les spécimens de l'industrie chinoise rapportés par les délégués français, un *tissu de coton vert qui lui présentait des caractères particuliers*. La connaissance qu'a l'Europe de la matière elle-même est due à M. Persoz. Ajoutons que M. Michel, de Lyon, a le premier publié le moyen d'obtenir la teinture en vert de Chine, que la maison Guinon, de Lyon, avait réalisée la première; enfin,

ue le procédé d'extraction de la couleur est décrit dans une ommunication du R. P. Hélot, et qu'il a été interprété avec une rande sagacité par M. Michel, de Lyon.

Vert de Chine (lo-kao).—Le procédé suivi en Chine pour la préaration de cette belle couleur paraît être le suivant : on fait ne décoction d'écorce de nerprun, on y ajoute un peu de potasse t d'alun, et l'on y fait passer des toiles qui se chargent de corant. Une exposition à la lumière du soleil développe le vert, et ar des immersions dans le bain, souvent répétées et suivies 'autant d'expositions à la lumière, la toile en reçoit autant u'elle en peut retenir; alors elle est rincée à l'eau claire, la ouleur en excès se détache et nage dans l'eau. On réunit dans ne chaudière le liquide contenant la matière colorante en susension, et on plonge dans ce liquide bouillant des écheveaux de l de coton qui prennent la couleur. Les fils colorés au maximum ont portés dans une eau claire et froide, et le vert de Chine en st détaché par le frottement. Il se rassemble au fond de l'eau.

On le recueille sur un filtre de papier absorbant; on hâte la desccation en plaçant ce filtre sur la cendre sèche; on maintient l'ombre, puis enfin on expose au soleil. Le colorant se détache u papier et se présente sous forme de lames à reflet bleu ou erdâtre.

Le vert de vessie se rapproche du lo-kao par son origine. Pour le réparer, on emploie les baies de nerprun avant la maturité, on n extrait le suc en exprimant les graines crues ou cuites et on y joute soit 2 à 3 pour 100 de son poids d'alun préalablement disous, soit 25 à 30 pour 100 de chaux en bouillie claire; on évaore à consistance de sirop, on enferme dans des vessies de veau u de porc qu'on laisse sécher à l'air dans un lieu obscur.

La graine d'Avignon et la graine de Perse appartiennent à la amille des nerpruns ; la première sert pour l'obtention du *stil-derain* qui est une laque jaune préparée à la manière ordinaire des aques, c'est-à-dire en précipitant une décoction de graines par n mélange de craie et d'alun. Cette laque se trouve rarement raie dans le commerce. Le stil-de-grain est le plus souvent un rélange de différents jaunes. On peut dire que c'est plutôt une einture qu'un produit défini. La graine de Perse, employée à la nanière de la graine d'Avignon, donne une laque d'un jaune lus pur que le produit de celle-ci.

COULEURS DIVERSES.

Sépia.—La sépia peut être considérée à la rigueur comme un carmin ; elle existe toute formée dans un produit naturel de sécrétion : la liqueur brune que répand la sèche (*sepia officinalis*) dans le but de faire l'obscurité autour d'elle quand elle se sent poursuivie. Pour conserver cette matière très-putrescible on sèche au soleil les vessies qui la renferment, aussitôt qu'elles sont détachées de l'animal. On la purifie et la prépare pour les arts en la broyant dans l'eau avec addition de carbonate de potasse, elle se dissout; on filtre, on précipite par un acide, on lave le précipité et on le met à sécher à la température ordinaire. La sépia pure *est soluble en entier dans l'éther.*

On peut ranger dans la même classe des carmins :

Le *bistre*, couleur brune qu'on retire de la suie;

Les *bruns de sucre*, obtenus par l'action des alcalis sur le sucre et ses analogues; aussi ceux qu'on obtiendrait par l'ammoniaque et le glucose, la recette en serait à prendre dans le dernier travail de M. Paul Thénard sur les engrais synthétiques (*Répertoire de chimie appliquée*, mai 1861);

Les couleurs que cèdent à l'eau, le café, la chicorée et les plantes torréfiées ;

Enfin la momie, les bitumes naturels, tels que celui de Judée qui, s'il était légitime, nous viendrait du lac Asphaltite; mais il faut bien dire que le produit vendu le plus souvent dans le commerce est une matière goudronneuse sans origine certaine.

BARRESWIL.

DÉPOTS MÉTALLIQUES

APITRE I. — DÉPOTS MÉTALLIQUES USITÉS DANS LES ARTS.

dépôts métalliques employés dans les arts ont tous une même ıation; leur but est de donner à un objet fait d'un métal . marché, oxydable, quelquefois dangereux, l'éclat, l'inno- l'inaltérabilité que peut lui communiquer une couche mince ıutre métal plus cher, il est vrai, mais d'un aspect plus ble, sans danger, et surtout moins oxydable que le premier. dépôts ne concourent cependant pas tous à ce but de la : manière, ni par les mêmes effets; ainsi, l'or et l'argent, en vrant le fer, le cuivre, le zinc, l'étain et leurs alliages, les ;ent parce que, plus électro-négatifs, ils sont moins oxy- ;; il en est de même de l'étain et du plomb recouvrant le ; et le fer. Il est à remarquer, que dans ces différents cas, ple voltaïque formé par la réunion des deux métaux entraîne truction plus rapide du métal sous-jacent, si la couche n'a é bien appliquée ou si l'usure du temps vient à mettre au :t de l'air et des agents destructeurs les deux métaux super-

Dans le cas du dépôt du zinc sur le fer, les rôles changent, ırtant le fer, moins oxydable que le zinc, est préservé par ela tient à ce que le zinc, en s'oxydant, forme une sorte de ; qui le préserve complétement de l'oxydation. C'est cette iété du fer zingué qui a donné tant d'importance à l'in- e qu'on appelle la galvanisation du fer.

procédés employés peuvent se diviser en deux classes bien ctes : 1° *les dépôts indirects,* c'est-à-dire ceux qui ne peuvent ffectués que par l'intermédiaire d'une force extérieure, l'é- :ité ; ils comprennent la dorure, l'argenture, le cuivrage, le age, l'étamage, le zincage, le plombage, le ferrage galva- s, en un mot, l'électro-métallurgie; 2° *les dépôts directs,* qui ıt sans force extérieure, soit parce que les matières sont ptibles de se souder à la surface en formant une espèce

d'alliage, comme dans l'étamage du cuivre et du fer; soit parce qu'on produit un alliage intermédiaire qui se détruit par la chaleur, en laissant au métal déposé ses qualités physiques, comme dans la dorure au mercure, ou qui subsiste, comme dans l'étamage des glaces; soit enfin, quand on substitue les métaux les uns aux autres par voie d'affinité chimique, comme dans la dorure au trempé, et l'argenture au bouillitoire.

CHAPITRE II. — DÉPOTS MÉTALLIQUES INDIRECTS (ÉLECTRO-MÉTALLURGIE).

I. — PRINCIPES ET DIVISIONS DE L'ÉLECTRO-MÉTALLURGIE.

L'électro-métallurgie est l'art d'extraire, par l'action d'un courant galvanique, les différents métaux de leurs solutions, avec les qualités physiques qui leur sont propres.

Si le but qu'on se propose est de précipiter un métal sur un objet, en couche continue mais non adhérente, de manière qu'une fois séparée, la couche représente exactement tous les détails et tout le fini de l'objet, l'opération prend le nom de *galvanoplastie*; si, au contraire, on veut recouvrir d'un métal protecteur, en couche continue et adhérente, un objet fait en un métal plus commun, elle prend le nom d'*électro-chimie* (cuivrage, dorure, argenture, etc.), suivant la nature du résultat obtenu.

Avant d'entreprendre la description des procédés dont l'industrie fait actuellement usage, indiquons rapidement la succession des faits qui ont donné naissance à chacune de ces industries.

Dès 1800, en démontrant les phénomènes de l'électricité dynamique, Volta, avait par la construction de sa pile, posé les bases des découvertes à venir; le premier il constata qu'en soumettant la dissolution d'un sel au courant de la pile, celui-ci se décompose en ses deux éléments, dont l'un, le métal, se rend au pôle négatif, l'autre, l'acide, au pôle positif.

En 1802, Brugnatelli réussit à dorer deux grandes médailles d'argent « dans des ammoniures d'or nouvellemeut faits et bien saturés. »

Vingt-cinq ans plus tard, MM. Daniell et de la Rive, étudiant les phénomènes de la pile, furent sur la voie de la galvanoplastie proprement dite.

Un dépôt de cuivre qui s'était formé sur la plaque métallique ɩlacée au pôle négatif de la pile « offrait une copie fidèle de chaque éraillure qu'elle portait ; » ils signalèrent le fait; mais, dirigeant leurs recherches sur la pile elle-même, sa construction et ses effets, ils ne conclurent pas l'application.

Les premiers faits datent donc du commencement du siècle.

Cependant la réalisation vraiment industrielle de la galvanoplastie ne prit naissance qu'en 1838, avec les travaux de M. Jacobi, t l'argenture et la dorure électro-chimiques ne datent réellement ue de 1840, avec ceux de MM. Elkington.

Cette lacune tient à ce que les premiers travaux avaient passé naperçus. Les savants de la première période, tout entiers à eurs recherches scientifiques, n'avaient pas songé que leurs ésultats imparfaits pussent donner un jour naissance à une rande industrie; aussi a-t-il fallu tout l'intérêt qu'excite aujour-'hui la galvanoplastie, toute l'ardeur que mirent certains ommes à déprécier le mérite des *inventeurs*, pour exhumer de la oussière des bibliothèques les recherches infructueuses de leurs rédécesseurs.

II.—GALVANOPLASTIE.

HISTORIQUE DE LA GALVANOPLASTIE.

Le 17 octobre 1838, M. Jacobi, *le premier*, annonça à l'Académie e Saint-Pétersbourg qu'il était parvenu à opérer, à l'aide d'un ourant voltaïque, la décomposition du sulfate de cuivre, de anière à obtenir des *planches de cuivre qui offraient en relief mpreinte exacte du dessin gravé en creux sur l'original.* Vers la ême époque, M. Th. Spencer, en Angleterre, annonçait avoir fait même découverte. Dès les premiers mois de 1839, des médailles produites galvaniquement circulaient à Liverpool. M. Spencer ıt immédiatement l'idée d'appliquer son procédé à la production s planches en relief, pouvant servir à l'impression typograique. (Postérieur comme date à M. Jacobi, il peut très-bien avoir pas eu connaissance de ses travaux, qui ne furent publiés Angleterre que le 4 mai 1839 dans l'*Athenæum*.)

M. Jacobi alla plus loin; non-seulement il détermina les lois qui résident à la réduction du cuivre dans l'appareil simple, mais core, frappé de la nécessité de maintenir le bain au même état e saturation, il reconnut que si l'on attache au pôle positif une anche de cuivre, elle se dissout en poids à peu près égal

à celui déposé au pôle négatif. Les procédés indiqués par lui dans une lettre à M. Faraday furent publiés dans l'*Athenæum* le 12 octobre 1839. C'était l'anode[1] soluble, et l'appareil composé dont il dotait la galvanoplastie. Mais les applications n'en étaient pas encore bien étendues ; elles se bornaient à la copie des médailles, bas-reliefs, etc., dont le premier modèle était en métal.

Une nouvelle observation de M. Jacobi vint compléter son œuvre. Reconnaissant les propriétés conductrices de la plombagine, il eut l'heureuse idée de l'appliquer à la galvanoplastie, et donna par suite la possibilité d'effectuer des dépôts métalliques à la surface de presque tous les corps.

Dès lors toutes les matières plastiques, le plâtre, la cire, la gélatine, pouvaient être employées. Il suffisait de les rendre conductrices.

Cependant les progrès de cet art restèrent stationnaires jusqu'au jour où la gutta-percha fut introduite dans les ateliers; ses qualités éminemment plastiques, son inaltérabilité, aussi bien dans les bains acides que dans les bains alcalins, la font employer aujourd'hui presque à l'exclusion de toute autre matière.

Après ce court historique, et avant d'indiquer les moyens généralement employés pour déposer le cuivre, l'or, l'argent, etc., nous allons donner la description des différents appareils galvaniques dont l'industrie a adopté l'usage.

APPAREILS.

Appareil simple.—L'appareil est *simple* quand le courant galvanique est produit dans l'intérieur même du vase où le dépôt s'effectue. Ce fut le premier indiqué par Jacobi et Spencer; abandonné complétement lorsqu'il s'est agi de déposer les métaux précieux, il est maintenant le plus souvent en usage pour obtenir le dépôt galvanoplastique du cuivre.

Dans un vase, qui peut être en verre, en porcelaine ou en bois, on met la dissolution métallique, du sulfate de cuivre par exemple; au centre, on place un diaphragme ou vase poreux A, ordinairement en porcelaine dégourdie.

Dans ce vase, on met de l'acide sulfurique étendu, marquant 8°

[1] On donne le nom d'*anode* à l'électrode placé au pôle positif de la pile qui, dans la décomposition électro-chimique, peut être dissous, ou qui, s'il est insoluble, attire l'oxygène et les acides.

On donne le nom de *cathode* à l'électrode qui, placé au pôle positif, reçoit le dépôt métallique, ou attire l'hydrogène et les alcalis.

à 10° au pèse-acide (D=1,067 environ), et on y plonge un cylindre de zinc amalgamé Z. Sur le zinc est fixée une pince P, ayant une tête à vis qui permet d'y relier le fil de cuivre, destiné à mettre en communication le moule M avec le zinc.



Fig. 317. — Appareil simple pour l'électrométallurgie.

Dès que le circuit est fermé, il en résulte un courant, par suite duquel le zinc devient le pôle positif, et le moule le pôle négatif; le sulfate de cuivre est décomposé; l'acide sulfurique et l'oxygène se portent sur le zinc, qui se dissout; l'hydrogène de l'eau décomposée réduit alors le cuivre, qui se dépose au pôle négatif.

Comme le bain ne tarde pas à s'épuiser, un sac S contenant des cristaux de sulfate de cuivre est attaché à la paroi du bain et sert à l'alimenter. On comprend que, suivant les dimensions de l'objet à reproduire, on peut faire varier les formes, les dimensions et les dispositions de l'appareil simple.

Appareil composé.—L'appareil est *composé* quand le courant galvanique est produit en dehors du bain.

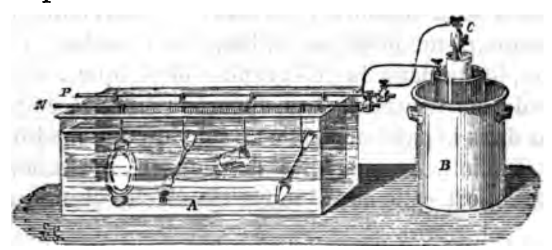


Fig. 318.—Appareil composé pour l'électrométallurgie.

Le bain étant placé dans une cuve A, en porcelaine, en grès ou en bois, on dispose une pile B en dehors du bain; on attache les pièces sur lesquelles on veut opérer le dépôt à une tringle métallique NN, communiquant par un fil de métal au zinc de la pile, et l'anode PP, formée du métal contenu dans la dissolution, est mise en communication métallique avec le charbon C. L'anode doit, autant que possible, présenter une surface égale à celle de la pièce à recouvrir.

Supposant que la cuve A contienne du sulfate de cuivre, et que

la pile soit une pile de Bunsen, le métal oxydable (le zinc), attaqué par le liquide, prend l'électricité négative, tandis que le liquide s'empare de l'électricité positive qui alors est recueillie par le corps non oxydable (charbon).

Le pôle zinc, en communication avec la tringle NN, la constituera à l'état négatif, attirera l'oxyde de cuivre du sulfate, et l'hydrogène de l'eau.

Le pôle charbon, relié à la tringle PP, devenue positive, attirera l'acide sulfurique et l'oxygène de l'eau; ce dernier, oxydant alors la lame de cuivre, reformera du sulfate de cuivre, tandis que l'hydrogène, s'emparant de l'oxygène de l'oxyde de cuivre, laissera le cuivre se précipiter au pôle négatif à l'état métallique.

Piles.—La pile employée peut varier dans ses formes et ses éléments (Voyez Introduction, *Notions de physique*, pages 294 et suivantes).

On n'emploie pas la pile ordinaire de Volta. Les piles à un seul liquide, telles que celle de Wollaston, où le zinc et le cuivre plongent dans l'acide sulfurique étendu, celle de Smée, où le cuivre de la pile de Wollaston est remplacé par une lame d'argent platinisé, sont peu employées dans l'industrie, malgré leur économie: leur peu d'intensité et le défaut de constance dans l'action en sont la cause.

Les piles à deux liquides sont celles de MM. Daniell et Bunsen: la première, modifiée par M. Becquerel, est la plus ordinairement employée dans la télégraphie électrique à cause de la constance de son courant. Les appareils simples employés actuellement dans la galvanoplastie ne sont qu'une modification de la pile de Daniell. La pile dite de Bunsen, perfectionnée par M. Archereau, est celle dont l'industrie électro-chimique préfère l'usage.

Amalgamation du zinc.—Le zinc du commerce contient souvent différents métaux, tels que le fer, le plomb, l'arsenic, etc., lesquels constituent autant de couples voltaïques, lorsqu'il est plongé dans l'eau acidulée; de sorte que, dans l'oxydation du zinc, il se produit une multitude d'actions locales, et qu'il se fait, en pure perte, une grande consommation de ce métal.

On a remédié à cet inconvénient en *amalgamant* le zinc ordinaire, ce qui lui donne la propriété du zinc pur. De cette manière, l'action de l'acide à la surface du zinc est à peu près régulière, et tant que le circuit n'est pas fermé, le zinc reste inattaquable.

L'amalgamation se fait très-simplement en décapant le zinc

dans l'acide sulfurique à 12°, puis en le roulant dans une auge semi-cylindrique, en bois, au fond de laquelle se trouve du mercure; l'amalgame se forme immédiatement à la surface; on régularise l'application du mercure en brossant le zinc jusqu'à ce qu'il devienne brillant, et on laisse égoutter pour séparer le mercure en excès. Pour éviter de refaire trop souvent ce travail, on ajoute à l'eau acidulée du vase de grès quelques gouttes d'azotate de bioxyde de mercure, qui maintiennent assez longtemps la surface du zinc brillante. Cependant, il est utile de renouveler de temps en temps l'amalgamation jusqu'à complète dissolution du zinc.

BAINS.

Les bains destinés aux dépôts galvanoplastiques de l'or et de l'argent, étant les mêmes que ceux dont on se sert pour la dorure et l'argenture, seront décrits lorsque nous nous occuperons de ces industries.

C'est surtout sur les dépôts galvanoplastiques du cuivre rouge que se sont portées les recherches des savants et les applications de l'industrie; la séparation facile de ce métal de ses combinaisons salines, ses propriétés physiques, la modicité de son prix, en ont rapidement étendu l'application.

Pour faire un bain de cuivre, il suffit de dissoudre dans l'eau toute la quantité de sulfate de cuivre qu'elle peut prendre à la température ambiante.

Il est important de n'employer que du sulfate de cuivre pur; celui qui provient des affinages d'argent convient le mieux pour ce travail.

Lorsque l'eau est complétement saturée, elle marque 24° au pèse-sels; on ajoute alors un litre d'acide sulfurique par 100 litres de bain, afin de rendre celui-ci plus conducteur. Le bain marque alors 26°, mais ne tarde pas à redescendre à 24°, par la cristallisation d'une petite quantité de sulfate de cuivre, la combinaison de l'acide sulfurique avec l'eau qui servait à le dissoudre ayant déterminé cette précipitation.

Le bain est placé dans des cuves, dont la forme est appropriée aux besoins de l'opération. Les cuves en bois, garnies de gutta-percha, sont les meilleures. Sur l'une des parois de la cuve, on fixe une série de diaphragmes en terre poreuse contenant l'eau acidulée et le zinc; ils sont reliés entre eux par des conducteurs en cuivre, et mis en communication avec les tringles supportant les moules

à recouvrir. Aux angles de la cuve, on fixe de petites auges en gutta percées de trous, qu'on remplit de cristaux de sulfate de cuivre, afin de maintenir l'état de saturation du liquide. Malgré cette précaution, les bains finissent par s'épuiser, et renferment une certaine quantité d'acide sulfurique en excès, et de sulfate de zinc, provenant des diaphragmes, qui pénètre dans le bain par endosmose. Il faut alors arrêter la cuve et faire cristalliser les sels. Le sulfate de zinc reste dans les eaux mères, et le sulfate de cuivre extrait peut servir à de nouvelles dissolutions.

Les métaux déposés sous l'influence de la pile ne présentent pas toujours les mêmes caractères physiques.

Tantôt le dépôt est rugueux et cassant, tantôt il est mou et flexible ; tantôt il a les qualités intermédiaires, et est aussi parfait dans ses propriétés physiques que le meilleur métal laminé; tantôt enfin, il peut se présenter sous la forme d'une poudre cristalline sans adhérence.

Ces différents états moléculaires dépendent des relations qui doivent exister entre les quatre conditions suivantes, que M. Boquillon a le premier signalées :

1° Les proportions des deux électrodes ;

2° Le degré de concentration des liquides ;

3° La température à laquelle on opère.

4° L'intensité de la pile.

Dans tous les cas, il est important que les surfaces relatives de l'anode et des pièces en communication avec le pôle négatif soient à peu près égales ; un électrode positif plus grand que l'électrode négatif tend à produire un dépôt cristallin qui peut aller jusqu'à l'état pulvérulent, si la différence de leurs dimensions est trop considérable.

Agit-on dans un liquide trop concentré, le dépôt est rugueux et cassant ; une augmentation dans l'intensité de la pile ramène le dépôt à son état normal.

Le bain est-il trop peu concentré, ou la température s'abaisse-t-elle, le dépôt se ralentira et affectera une apparence cristalline qu'il sera facile de faire disparaître par l'élévation de la température ou une diminution dans l'intensité de la pile. Si la température est trop élevée, le dépôt deviendra pulvérulent ; on y remédiera en diminuant la force de la pile employée.

La régularisation de l'intensité du courant est, dans presque tous les cas, le remède à apporter aux accidents qui se produisent.

C'est donc de l'équilibre parfait entre ces quatre conditions que

dépend la précipitation galvanique d'un métal, avec toutes les qualités de ductilité et de malléabilité qui lui sont propres. L'habitude fournit très-vite à l'opérateur les moyens de maintenir l'opération régulière.

Dans le cas où l'on emploie l'appareil simple, c'est du rapport entre les surfaces du zinc et le nombre de pièces à recouvrir, que dépend le succès de l'opération. Du reste, avec des liqueurs parfaitement saturées et un courant de faible intensité, on est toujours sûr de réussir.

MOULES.

Pour obtenir un dépôt de cuivre, dans les bains que nous venons d'indiquer, il faut d'abord préparer les moules destinés à le recevoir. Ils sont de deux natures. Les premiers, ou moules *conducteurs*, sont métalliques, et ordinairement en cuivre, plomb pur ou métal fusible.

Les seconds, ou moules *non conducteurs*, sont faits en matière plastique : cire, stéarine, plâtre, gélatine ou gutta-percha; ceux-ci, ne pouvant recevoir directement les dépôts, doivent être métallisés.

Moules conducteurs. — Les moules en cuivre s'obtiennent en faisant un dépôt électro-chimique de métal sur l'objet à reproduire. Si le modèle est en métal, il est nécessaire d'empêcher l'adhérence du dépôt galvanoplastique. On y arrive en le frottant légèrement avec une brosse douce, imprégnée de plombagine ou d'essence de térébenthine, en ayant soin de bien essuyer avant de porter au bain, ou bien encore en exposant le cuivre à la vapeur d'iode et à la lumière solaire. Si le modèle n'est pas en cuivre, mais en zinc, en fer, ou en un métal attaquable dans les bains acides, il est nécessaire de recourir à un cuivrage préalable dans les bains alcalins. Si le modèle est en plâtre ou en cire, il est indispensable de le métalliser; opération que nous indiquerons tout à l'heure.

Les moules en plomb ne peuvent se prendre que sur des corps métalliques ou sur des matières inaltérables par la pression. Il suffit de mettre l'objet à copier entre une plaque de plomb et une plaque d'acier, et de soumettre le tout à l'action d'un laminoir. Ce procédé a été heureusement appliqué à l'imprimerie impériale de Vienne pour la reproduction des plantes, des fleurs et des organes les plus délicats des végétaux.

Les moules en métal fusible ne sont guère employés qu'à la

reproduction des médailles. L'alliage, composé de 5 parties de plomb, de 3 d'étain et de 3 de bismuth, est celui dont on se sert le plus. Il fond à la température de 80° centigrades. Avec cet alliage, on doit, pour exécuter un moule, avoir recours aux procédés de clichage par percussion.

Moules non conducteurs. — Les matières plastiques les plus en usage sont le plâtre, la cire, la stéarine, la gélatine et la gutta-percha.

Pour les trois premières matières, les moules s'obtiennent par voie de coulage. Les procédés employés sont tellement connus que nous ne les décrirons pas. Pour les plâtres seulement, il est une condition à remplir une fois le moule fait, c'est de le rendre inattaquable à la solution de sulfate de cuivre. Il suffit pour cela de le plonger dans un bain de stéarine fondue jusqu'à ce qu'il en soit imprégné. Cette opération ne peut être faite qu'après une parfaite dessiccation du plâtre. La stéarine destinée au moulage doit avoir été mélangée avec de la cire vierge. Seule, elle cristallise par refroidissement et ne donne pas toute la pureté dont elle est susceptible.

Lorsque l'objet que l'on veut reproduire n'est pas de dépouille, c'est-à-dire quand il présente des sinuosités telles que le moule ne pourrait être détaché du modèle sans se briser, laissant alors de côté les substances que nous venons d'indiquer, on a recours à la gutta-percha et à la gélatine.

Moulage à la gutta-percha. —Cette matière est éminemment propre aux opérations galvanoplastiques. Assez élastique pour permettre la reproduction d'objets fouillés, et complétement inaltérable dans les bains acides ou alcalins, elle peut servir presque indéfiniment, lorsque toutefois, on a soin de la mettre à l'abri de l'air. Pour prévenir l'altération spontanée de la gutta, on la conserve sous l'eau. Vieille, elle devient cassante ; on lui redonne ses qualités premières en la cuisant avec un tiers de son poids de gutta neuve.

Il y a deux manières d'obtenir le moule : par voie de fusion et par voie de compression.

Le premier moyen consiste à mettre dans un four chauffé à 110 ou 120° le modèle et la plaque de gutta mélangée d'un tiers de son poids d'huile de lin, de manière à former une espèce de fusion de la matière à la surface du modèle, puis, à la sortie du four, à presser avec la main qu'on trempe dans l'eau froide pour l'empêcher d'adhérer à la gutta jusqu'au moment où on suppose l'em-

preinte parfaitement prise. La gutta suffisamment refroidie, on sépare le moule en l'arrachant d'un coup; la gutta cède en revenant sur elle-même et donne tous les détails du modèle; cette méthode a l'inconvénient d'altérer profondément la gutta, qui ne peut servir qu'à un petit nombre d'opérations, et d'exiger un temps assez long pour chacune d'elles.

Le second procédé, bien préférable au premier, opère par pression mécanique. Il demande un matériel assez considérable, mais produit plus rapidement et mieux que celui que nous venons d'indiquer. Sur la plate-forme d'une presse à vis, on dispose un châssis dans lequel se trouve la *couche* où est fixé le modèle à reproduire. Sur la couche on met une boule de gutta ramollie à l'eau bouillante et qu'on a longtemps pétrie dans la main, puis une contre-pièce représentant les principales sinuosités du modèle, et ayant à sa partie supérieure une surface horizontale. Afin d'éviter l'adhérence, le modèle est enduit au moyen d'un pinceau d'une eau légèrement savonneuse et la boule de gutta saupoudrée de plombagine. La gutta, en s'affaissant par la pression, chasse l'air et l'eau devant elle et s'imprime parfaitement sur le modèle. On laisse refroidir et on démoule. Le moulage à la gutta exige des modèles en métal qu'on puisse presser ou soumettre à la chaleur, sans crainte d'altération. Si le modèle est en plâtre ou en cire, on a recours au moulage à la gélatine.

Moulage à la gélatine.—La gélatine est plus élastique que la gutta, et permet d'exécuter des objets plus fouillés. Seulement, elle a l'inconvénient de s'altérer dans les bains acides, et de fournir un métal très-cassant, par suite de la nécessité où l'on est de faire un dépôt rapide pour éviter l'altération de la surface du moule. Elle devient à peu près imperméable en ajoutant à sa dissolution dans l'eau chaude 2 pour 100 d'acide tannique dissous, dans l'alcool, et 10 pour 100 de mélasse. Mais elle s'altérerait encore dans les bains, si on n'avait pas soin de préserver la surface extérieure du moule par une enveloppe en feuilles minces de gutta-percha ou par un vernis épais. Elle s'emploie par voie de coulage entre deux *chapes* en plâtre, épousant à distance les sinuosités du modèle, et demande un temps assez long pour son complet refroidissement.

Métallisation.—Cette opération est nécessitée par l'emploi des moules non conducteurs de l'électricité. Il y a deux moyens d'obtenir cette métallisation : la voie sèche et la voie humide.

De toutes les poudres métalliques, ou métallisantes, appliquées

par voie sèche, la plombagine est la meilleure. Sa nature onctueuse rend cette application facile ; elle se fait au moyen d'un pinceau en blaireau qui amène la plombagine dans les parties les plus fouillées, et d'une brosse très-douce pour rendre les surfaces brillantes. Toutes les plombagines ne donnant pas également une bonne métallisation, il est utile de faire l'essai de leur conductibilité avant de les employer.

La voie humide consiste à imprégner la surface du moule d'une solution métallique et à réduire le métal qu'elle contient par l'action d'un gaz, d'un liquide ou de la lumière. La solution la plus convenable est celle du nitrate d'argent dans l'alcool : on l'applique sur le moule avec un pinceau fin, et on laisse sécher ; on fait deux ou trois applications successives, puis on soumet la pièce à l'action de l'hydrogène sulfuré naissant. Aussitôt que la surface du moule est devenue noire, on peut la porter au bain, car l'argent sulfuré a rendu la surface conductrice. On peut arriver au même résultat en remplaçant l'action de l'hydrogène sulfuré par celle du phosphore dissous dans le sulfure de carbone, par l'action directe de la lumière solaire, par les acides gallique, pyrogallique, ou le sulfate de fer au minimum d'oxydation ; mais le premier moyen est préférable. C'est celui qu'employèrent M. Elkington, en Angleterre, et M. Piedallu, officier d'artillerie, en France, pour métalliser des substances végétales et animales, telles que fleurs, fruits, petits insectes, objets en jonc, en vannerie, etc., de manière à produire des résultats très-curieux. La réduction du nitrate d'argent par l'hydrogène a permis aussi de métalliser les fils de soie, et par suite de les cuivrer, dorer et argenter. De même, grâce à la métallisation par la voie humide, on a pu couvrir le verre et les cristaux de dépôts métalliques produisant des effets artistiques remarquables.

Lorsque les moules ont été rendus conducteurs, on les attache à un fil de cuivre et on les porte dans le bain.

Si la pièce est fouillée, il est bon de multiplier les points de contact pour faire prendre le dépôt sur plusieurs parties à la fois. Les qualités physiques du cuivre obtenu dépendent d'ailleurs d'un parfait équilibre entre les quatre conditions que nous avons indiquées.

L'épaisseur du cuivre déposé sur une surface donnée ne peut être d'une égalité parfaite, par suite de la propriété du courant galvanique d'agir en raison inverse des distances. Il en résulte que les parties les plus rapprochées de l'anode se chargent davan-

tage et que les plus éloignées prennent une quantité de cuivre moins considérable. Il existe donc des différences très-sensibles dans l'épaisseur des dépôts, et, par suite, dans ses applications, la coquille galvanoplastique ne présente pas toute la solidité désirable.

GALVANOPLASTIE MASSIVE.

Pour remédier à cet inconvénient, nous avons eu l'idée de solidifier l'intérieur du creux galvanique en mettant à profit la différence des points de fusion du laiton et du cuivre rouge.

Nous avons pu ainsi, au moyen du chalumeau à gaz, faire fondre à l'intérieur de la coquille des fils ou des morceaux de laiton qui se soudent parfaitement et donnent au dépôt galvanoplastique toutes les qualités et toute la malléabilité d'une pièce venue de fonte. (*Bulletin de la Société d'encouragement*, t. LIV, pag. 259.)

GALVANOPLASTIE RONDE-BOSSE.

Lorsqu'on veut produire un bas-relief ou des coquilles (parties de moule qui, réunies par la soudure, sont destinées à former une ronde-bosse), il vaut mieux opérer à l'appareil simple; mais si l'on se propose de faire de toutes pièces un objet de ronde-bosse, il est de toute nécessité d'employer l'appareil composé.

Le procédé au moyen duquel ce résultat peut être obtenu fut indiqué, pour la première fois, par Parkes, et appliqué en Angleterre en septembre 1841. Il consiste à introduire dans l'intérieur d'un moule fait en plusieurs pièces et ouvert à sa partie inférieure de manière à permettre le renouvellement du liquide épuisé, une anode soluble en fil métallique représentant grossièrement la forme de l'objet. En conduisant l'électricité dans les parties les plus fouillées, elle se dissout et maintient la saturation du bain; mais ce moule avait l'inconvénient de ne permettre la production de ronde-bosse qu'avec de faibles épaisseurs, la destruction de l'anode arrêtant promptement le courant.

M. Lenoir eut l'idée de substituer l'anode insoluble en fil de platine à l'anode soluble. En remédiant aux inconvénients du premier moyen, il généralisa l'application de la galvanoplastie à la production des rondes-bosses; dans ce procédé, la carcasse de fils de platine est le siége d'un dégagement de gaz hydrogène dont il faut ménager l'échappement par des ouvertures placées dans tous les points culminants du moule. Les fils divergents sont tous reliés à deux ou trois axes communs en fils de platine, isolés

du moule, à leur sortie, par de petits tubes de verre mince. Ces derniers fils communiquent au pôle charbon de la pile, tandis que le moule est en contact avec le pôle zinc.

CUIVRAGE GALVANIQUE.

Les bains acides de sulfate de cuivre employés pour la galvanoplastie ne peuvent servir à déposer du cuivre adhérent à la surface des métaux; de plus, ils attaquent le fer, l'acier, la fonte, le zinc, métaux sur lesquels le dépôt du cuivre, comme métal protecteur et décoratif, est le plus souvent appliqué. Dans ce cas, il faut avoir recours à des bains alcalins de cyanure double de potassium et de cuivre, ce qui donne un dépôt dispendieux. Pour de fortes épaisseurs, on a des bains d'étamage et de plombage, qui permettent l'emploi du bain galvanoplastique sans crainte d'altérer le métal sous-jacent.

Le bain acide de sulfate de cuivre a cependant été employé directement par M. Oudry au cuivrage de la fonte destinée à l'ornementation des rues et places publiques.

C'est au moyen d'un vernis isolant, composé de matières résineuses, qu'il s'est dispensé du cuivrage préalable dans un bain de cuivre alcalin; ce vernis supprime aussi le décapage de la fonte, et, dans le cas d'une rupture de la couche métallique enveloppante, rend, par son interposition entre le cuivre et la fonte, l'oxydation du métal sous-jacent moins rapide.

L'enduit est séché à l'étuve, puis frotté avec la plombagine pour le rendre conducteur, et porté au bain de sulfate de cuivre.

Les fontaines des Champs-Élysées, des places Louvois et de la Concorde, les candélabres des voies principales de Paris, etc., indiquent tout le parti que l'art monumental peut tirer de l'emploi du cuivrage galvanique de la fonte.

DIVERS.

Sans parler plus longuement ni des industries importantes indiquées plus haut, ni de tous les procédés, ou tours de main, qui sont venus prêter leur concours aux nombreuses industries qui emploient les métaux sous forme décorative, nous indiquerons sommairement les applications de la galvanoplastie ayant pour but la reproduction des formes modèles. Ainsi, la reproduction des creux, ou matrices, servant à gaufrer les fleurs et feuilles artificielles, les planches gravées pour l'impression en taille-douce, les matrices pour la fonderie en caractères, etc., ont habilement utilisé les procédés galvanoplastiques. Le clichage galvanique des

bois gravés, destinés à l'impression typographique, et même des pages entières de caractères et de gravures, est devenu une des applications les plus importantes de ce genre. Dans ce procédé, on commence par mouler à la gutta-percha, plombaginer et porter au bain; puis, lorsque le dépôt a acquis une faible épaisseur, on le retire du bain et on applique sur sa surface étamée du métal d'imprimerie; on dresse au tour ou à la machine à raboter, et on fixe sur un bois d'épaisseur. Le cuivre déposé dans ces conditions est tellement dur que les clichés peuvent tirer 60 à 80,000 épreuves sans usure apparente.

III.—DORURE ET ARGENTURE.

HISTORIQUE DE LA DORURE ET DE L'ARGENTURE ÉLECTRO-CHIMIQUES.

Après Brugnatelli, De la Rive est le premier dont les recherches se soient portées sur les moyens de déposer l'or par la pile; ses résultats furent publiés, en 1840, dans les *Annales de Chimie*. Il employa successivement l'appareil composé, puis l'appareil simple, avec des solutions de chlorure d'or, d'abord acides, puis aussi neutres que possible et très-étendues. Quoique n'ayant pas atteint le but, ses travaux avaient éveillé l'attention publique. La marche était indiquée, c'était à la pile que l'on devait demander la décomposition du sel d'or; mais là se bornaient les indications. M. Elkington arriva, et, en substituant aux liqueurs acides les liqueurs alcalines, dota l'industrie d'un procédé entièrement nouveau; son brevet date du 29 septembre 1840, et les solutions indiquées par lui à l'origine de la découverte sont encore les seules en usage aujourd'hui. Depuis vingt ans qu'elles ont été soumises à la sanction de l'expérience, malgré toutes les modifications, toutes les substitutions qui, dans un but facile à comprendre, ont été tentées, les prussiates et les cyanures simples dont il a trouvé l'emploi sont les seuls sels dont l'industrie ait trouvé l'usage convenable.

Déjà, en 1836, M. Elkington, en substituant à la liqueur acide de Baumé employée jusqu'alors pour la dorure des petites pièces d'horlogerie, la dissolution du chlorure d'or dans les carbonates alcalins, avait transformé complétement la dorure par immersion, ou au trempé; mais ce procédé n'était applicable qu'aux petits objets en cuivre estampé et ne donnait qu'une dorure très-légère; aussi la découvérte de la dorure galvanique fut pour l'industrie un progrès immense.

Dès leur apparition, les brevets de M. Elkington furent immédiatement mis en pratique en Angleterre par lui-même. Introduits en France par M. Christofle et si énergiquement défendus par lui, ils y ont servi de point de départ à la création de la grande industrie qui porte aujourd'hui son nom.

A peine M. Elkington avait-il signalé ses travaux, que de tous côtés on vit surgir des inventeurs essayant les mêmes procédés et faisant les mêmes découvertes.

M. Perrot présenta des pièces dorées et argentées à l'Académie de Rouen.

M. Louyet dora dans un cours public à Bruxelles.

M. De Ruolz prit un brevet pour la dorure de l'argent par immersion, et, huit mois plus tard, un autre brevet pour l'emploi des cyanures[1].

M. Roseleur breveta les sulfites et les pyrophosphates, d'autres réclamèrent les cyanates; d'autres encore les hyposulfites alcalins, les sels ammoniacaux, etc.; mais toutes ces tentatives nées trop tard, qui n'avaient pour but que d'échapper aux droits du véritable inventeur, n'eurent plus aucune suite, même de la part de leurs auteurs, le jour où les brevets tombèrent dans le domaine public.

L'opinion de tous les savants est restée unanime pour reconnaître à M. Elkington le mérite d'avoir découvert le principe de l'alcalinité, et d'avoir fait, le premier, des dépôts électro-chimiques dans les sels doubles.

THÉORIE DE L'ARGENTURE ET DE LA DORURE.

Quel est l'agent de l'argenture et de la dorure? C'est là une question à laquelle il était important de répondre.

Dans un Mémoire que nous avons adressé à l'Académie, nous avons montré que, quel que soit le prussiate employé, cyanure blanc, cyanoferrure jaune, cyanoferride rouge, le résultat de la réaction était le même, et que toujours on retrouvait et on pouvait isoler de la liqueur le cyanure double de potassium et

[1] Ce brevet de dorure de l'argent par immersion a été pris le 8 décembre 1840. Le procédé consistait à employer le cuivrage galvanique de Jacobi pour arriver à dorer dans le bain d'immersion d'Elkington. Le cuivrage des objets d'argent ramenait la dorure de l'argent à celle du cuivre dans le bain d'immersion.— Le brevet pour la dorure et l'argenture par les cyanures a été pris le 18 juin 1841, huit mois après celui d'Elkington, et celui pour les prussiates, le 17 septembre 1841.— L'antériorité d'Elkington a été constatée par un arrêt de la cour du 3 février 1852, et confirmée par la cour de cassation le 16 mars 1853. (Bouilhet.)

l'argent, et que, par suite, c'était à lui seul que l'on devait attribuer la propriété d'argenter. Voici ce qui se passe dans ces trois circonstances :

1° Quand on mélange du cyanure d'argent et du cyanure de potassium, le sel double KCy,AgCy se forme directement;

2° Quand on fait bouillir du cyanure d'argent dans le cyanoferrure jaune de potassium, la liqueur devient alcaline et il se forme du cyanoferrure d'argent et du cyanure de potassium ; par l'ébullition, le cyanoferrure d'argent se dédouble en cyanure d'argent et en cyanure de fer ; le cyanure d'argent produit se combine avec le cyanure de potassium et forme le double sel KCy,AgCy. On peut représenter la réaction par la formule finale :

$$2(AgCy)+FeK^2Cy^3=FeCy+2(KCy,AgCy).$$

3° Si on emploie le cyanoferride rouge, il se forme du cyanoferride d'argent et du cyanure de potassium. Le cyanoferride d'argent se décompose ensuite en sesquicyanure de fer et en cyanure d'argent; le sel double KCy,AgCy se forme immédiatement ; cette réaction peut se représenter par la formule :

$$3(AgCy)+Fe^2K^3Cy^6=Fe^2Cy^3+3(KCy,AgCy).$$

Il est donc évident que, dans tous les cas, c'est le sel double qui se forme, et que seul, il a la propriété d'argenter. Étendant cette théorie à toutes les solutions proposées, la substitution d'un équivalent à un autre ne change pas les réactions; on argente toujours d'après les mêmes principes, on forme un sel double d'argent et d'une base alcaline plus stable que tous les sels simples d'argent, et qui, sous l'influence de la pile, se décompose en ses éléments.

DORURE ÉLECTRO-CHIMIQUE.

Dans les procédés que nous allons indiquer, nous nous attacherons principalement à décrire les moyens dont une longue pratique a consacré l'usage, laissant de côté bien des détails dont la description nous entraînerait trop loin.

Avant de procéder à la dorure d'une pièce quelconque, la première opération est le décapage; c'est la plus importante de toutes, car d'elle dépend le succès des opérations suivantes. Le décapage est différent suivant la nature du métal sur lequel on opère; nous appellerons *décapage chimique* celui qui s'applique au bronze et au laiton, et *décapage mécanique* celui qui est nécessité par le maillechort, l'argent, le fer et les alliages d'étain.

Décapage chimique.—Pour [illegible] les surfaces des obje [illegible] les [illegible] pièces de l [illegible] par le travail d [illegible]. On les porte à la température du rouge sombre su [illegible] sur un feu de mottes de [illegible]. Cette opération se fait sp [illegible] sur les alliages de cuivre [illegible]; elle rend l'adhé [illegible] plus complète et l'application du bruni [illegible], en mettant toutes les surfaces au même état physiqu [illegible] bien trempées ou travaillées au marte [illegible] par le recuit qui se fait dans une [illegible] de sciure.

[illegible] les autres pièces, quelle que soit la natur [illegible].

Dérochage.—Cette opération consiste à enlever, au moyen d'a [illegible] la couche d'oxyde de cuivre formée par la recuisson [illegible] un bain composé de 10 litres d'eau et 1 litre d'a [illegible] à 66°, que l'on emploie à chaud pour les objet [illegible], et à froid pour les grands; le temps de l'opér [illegible] n'est pas limité, car ce bain n'attaque nullement le cuivr [illegible] y rester jusqu'à ce que la surface noire des pièces prenn [illegible] aspect rougeâtre que l'acide sulfurique ne change pas. Les p [illegible] sont suspendues par de grands crochets de cuivre emmanch [illegible] bois afin d'éviter le contact des mains; au sortir de la dér [illegible] on brosse et on lave; les pièces sont portées ensuite dan bains de décapage proprement dits.

Décapage.—Le premier bain est composé d'eau-forte ayant servi longtemps à de précédentes opérations. Il suffit pour l monter à mesure qu'il s'épuise d'y ajouter un 20ᵉ de son vol d'acide neuf : il est toujours en état de servir. Son but es transformer l'oxydation inégale des pièces en une teinte m lique bien uniforme après le rinçage, et d'empêcher une atta trop vive dans le bain suivant, des parties où le cuivre est mis à nu.

Le second est appelé *blanchiment*, et se compose de :

Acide nitrique, 10 parties.
Acide sulfurique à 66°, 10 parties.
Acide chlorhydrique, 1 partie.

On remplace quelquefois l'acide chlorhydrique par 1 parti sel marin et 1 partie de suie calcinée.

Ce liquide attaque très-vivement le cuivre et ses alliages; a

doit-on opérer très-rapidement et laver à grande eau à la sortie du bain. On sèche à la sciure de bois, lorsque l'on ne porte pas tout de suite les pièces à la dorure.

Décapage mécanique.—Il se fait, ainsi que nous l'avons dit, sur l'argent, le maillechort, le fer, le zinc. L'action des acides est remplacée par le *ponçage;* cette opération s'exécute en frottant les pièces sous un filet d'eau avec de la pierre ponce réduite en poudre fine, et une brosse en poil de sanglier montée sur un tour faisant 600 révolutions par minute. Les pièces qui ne peuvent être faites au tour, à cause de leur délicatesse ou de leur volume, le sont à la main, avec des brosses appropriées à leur forme. Pour l'argent, ce ponçage est précédé du blanchiment; il se fait en recuisant les pièces au rouge et en les éteignant dans une eau seconde d'acide sulfurique à 8°; elles sortent de là d'un beau mat très-blanc; une teinte grise indiquerait que la température n'était pas assez élevée. Pour le maillechort, le fer et le zinc, le ponçage est précédé du décrassage dans un alcali, comme pour les objets en laiton.

Pour le fer, cependant, il est un procédé que nous employons, et qui est préférable au ponçage : c'est un décapage chimique; il consiste à tremper les pièces, au sortir de la lessive de potasse, dans un bain d'eau seconde d'acide sulfurique à 10° contenant 40 grammes de protochlorure d'étain par litre. Les pièces peuvent rester jusqu'à une heure dans ce bain sans subir d'altération, et l'acier poli en sort, au bout de dix minutes, parfaitement décapé et conservant encore son brillant.

Bains d'or.—La dorure peut se faire à chaud ou à froid ; dans les deux cas, la composition du bain est la même. Seulement, la dorure obtenue à chaud est généralement plus riche de ton et peut quelquefois même se passer de *mise en couleur*. A froid, au contraire, cette dernière opération est toujours obligatoire; nécessitée par la difficulté où l'on était de chauffer de grandes masses de liquide pour l'exécution de grandes pièces, la dorure à froid tend à disparaître maintenant des ateliers où l'on emploie la vapeur.

Les bains sont formés de cyanure double d'or et de potassium dissous dans un excès de cyanure de potassium. Pour l'obtenir, on fait dissoudre 50 grammes d'or dans l'eau régale ; on évapore jusqu'à consistance sirupeuse; on reprend par l'eau tiède, et on ajoute peu à peu 1 kilogr. de cyanure qu'on a préalablement dissous dans l'eau. On forme ainsi 50 litres de bain. Il est utile de

ne l'employer qu'après l'avoir fait bouillir pendant plusieurs heures. La température la plus convenable pour opérer est 70°.

Dans le bain plonge une lame d'or mise en communication avec le pôle positif, et qui sert à l'alimenter continuellement. A mesure que le métal se dépose sur l'objet à dorer placé au pôle négatif, une quantité d'or, à peu près égale, se dissout au pôle positif et maintient le bain au même état de saturation.

Cette précieuse découverte, indiquée par M. Jacobi pour la précipitation du cuivre, a été appliquée à la dorure et à l'argenture par M. Elkington. Les bains marchant à froid acquièrent, par cette disposition, une plus longue durée. On l'emploie aussi dans les bains où l'on opère à chaud ; mais ces derniers s'altèrent plus vite, le cyanure de potassium se détruisant par une ébullition prolongée. Le courant électrique est fourni par une pile de Bunsen à charbon intérieur, dont les dimensions sont proportionnées à la nature du vase qu'on emploie pour dorer.

Avant de porter les pièces dans le bain, on les rince dans l'alcool pour dissoudre les corps gras qui pourraient les ternir, puis dans une eau seconde faible, et dans un bain de nitrate acide de mercure à 4 pour 100, enfin elles sont rincées à grande eau; c'est dans cet état qu'on les plonge dans le bain d'or. Le temps de l'immersion varie suivant l'épaisseur qu'on veut donner à la couche; il est, d'après les expériences faites par M. Dumas lors de son rapport à l'Académie des sciences, en proportion directe du poids déposé.

Pour se rendre compte de la quantité de métal déposé, il suffit de deux pesées; la première se fait sur les pièces décapées et séchées, la seconde sur les pièces dorées et séchées.

Tous les métaux se dorent également bien dans le bain que nous venons d'indiquer; mais l'acier exige un bain plus concentré, ou mieux un cuivrage préalable dans un bain alcalin. L'aluminium ne peut non plus y être doré directement, il faut aussi le cuivrer. Dans ce cas, c'est un bain de cuivre acide qu'il convient d'employer.

Réserves.—On peut, au moyen de réserves ou épargnes, obtenir différents effets artistiques pour lesquels le goût est le seul guide. Le vernis le plus propre à ce genre de travail est composé de vernis copal, huile et chromate de plomb.

Ce vernis s'applique au pinceau sur toutes les parties où l'on veut que le métal ne se dépose pas. Lorsqu'on le laisse sécher convenablement, il n'est nullement attaqué par les dissolutions

acides ou alcalines. Il se délaye complétement dans l'essence de térébenthine ou l'huile légère de houille.

Dorure à l'or vert ou à l'or rouge.— On peut obtenir de l'or vert et de l'or rouge directement par la pile. Pour l'or vert, on ajoute au bain d'or une dissolution de cyanure double de potassium et d'argent, jusqu'à ce qu'on ait obtenu la couleur que l'on désire, puis on opère avec une anode en or allié. Dans ce procédé, comme dans tous ceux qui ont pour but le dépôt d'alliages métalliques, il est très-important de bien proportionner expérimentalement la surface de l'anode à celle de la pièce à dorer.

Pour obtenir l'or rouge, on ajoute au bain d'or une dissolution de cyanure de potassium et de cuivre. Mais ce dernier résultat s'obtient plus facilement en employant le vert à rougir des anciens doreurs au mercure. C'est un mélange de 25 parties d'acétate de cuivre, de 65 de crème de tartre et de 10 de sel marin, que l'on applique au pinceau ; on chauffe la pièce sur du charbon de bois jusqu'à ce que les sels prennent une couleur brunâtre, puis on éteint dans l'eau seconde.

Les pièces, en sortant du bain d'or, ont ordinairement une couleur terne qui ne peut être acceptée par le commerce. On a donc encore plusieurs opérations à leur faire subir, le gratte-bossage, la mise en couleur et le brunissage.

Gratte-bossage.—Le gratte-bossage se fait à la main au moyen d'une brosse en fil de laiton, dont le diamètre varie suivant la délicatesse de l'objet. Il se pratique toujours au sein d'un liquide, le plus souvent une décoction de bois de réglisse, dont le but est de former un léger mucilage qui permette à la gratte-bosse de frotter plus doucement la pièce dorée.

Pour les pièces unies, on remplace le travail de la main par celui du tour. Sur un arbre faisant 600 révolutions par minute, on monte un mandrin en cuivre, muni d'une brosse en fil de laiton ; un réservoir supérieur amène constamment sur la brosse le liquide mucilagineux, qui s'écoule dans un baquet inférieur. Un ouvrier peut ainsi faire ce que dix hommes n'accompliraient pas à la main dans le même temps.

Mise en couleur.— La mise en couleur se fait au moyen d'une bouillie appelée *or moulu* et composée, sur 100 parties, de 30 parties d'alun, 30 de nitrate de potasse, 30 d'ocre rouge, 8 de sulfate de zinc, 1 de sel marin et 1 de sulfate de fer. On l'applique au pinceau, puis on porte les pièces sur un feu de charbon de bois très-clair jusqu'à ce que les sels, fondus et desséchés, prennent

un aspect brunâtre, et on éteint vivement dans une eau seconde faible, contenant 3 pour 100 d'acide chlorhydrique ; on lave à grande eau et on sèche à la sciure de bois.

Brunissage.— Le brunissage s'effectue au moyen de pierres dures, agates, hématites, enchâssées dans des manches en bois, ou d'outils en acier parfaitement poli.

Dorure mate.— Les procédés des doreurs au mercure que nous donnerons plus loin permettent, entre des mains habiles, de donner le mat à l'or déposé par la pile. Indiquons ici le procédé employé pour obtenir la dorure mate directement, par voie électro-chimique.

Partant du principe posé par M. Becquerel : « Telle est la surface, telle est la dorure, » si nous pouvons obtenir avant la dorure une surface d'un mat parfait, il est évident que nous n'aurons que peu de chose à faire pour conserver cet aspect après la dorure. Le résultat a été obtenu en déposant préalablement une couche mate d'un métal moins cher que l'or, et dont le dépôt peut se régulariser plus facilement.

L'argent et le cuivre atteignent également le but.

L'argenture se fait dans les bains que nous décrirons tout à l'heure ; seulement le bain d'argent ne doit pas contenir plus de 8 grammes par litre, et on doit agir lentement avec un courant très-faible. Le cuivrage se fait dans les bains de sulfate de cuivre indiqués par la galvanoplastie, après une première couche donnée dans le bain de cuivre alcalin. Le temps de l'immersion, l'énergie de la pile sont des conditions qu'un peu de pratique apprend bien vite à connaître.

Les pièces, étant parfaitement matées, sont portées dans un bain d'or plus étendu que celui dont nous avons indiqué la composition et dans lequel on opère à chaud. Il ne doit pas contenir plus de 5 grammes par litre. Il est important d'agiter continuellement les pièces dans le bain et de manœuvrer l'anode de manière à rendre la couleur uniforme. La dorure sur cuivre, moins chère que la dorure sur argent, est ordinairement moins belle de ton et plus sujette à s'oxyder. Aussi préfère-t-on cette dernière.

ARGENTURE ÉLECTRO-CHIMIQUE.

De toutes les industries auxquelles la découverte des procédés galvaniques a donné naissance, il n'en est pas de plus importante.

Bains.—C'est au moyen du cyanure double de potassium et d'argent dissous dans un excès de cyanure de potassium que

s'effectue l'argenture électro-chimique. Bien des moyens peuvent être employés pour arriver à ce résultat. Nous nous contenterons de donner ici le plus simple de tous.

On dissout 2 kilogr. d'argent dans 6 kilogr. d'acide nitrique, et on évapore jusqu'à ce que le nitrate d'argent soit fondu. De cette manière, on chasse non-seulement l'excès d'acide, mais aussi on réduit la petite quantité de cuivre, qui se trouve toujours dans l'argent le plus pur du commerce; puis on fait dissoudre le nitrate d'argent dans 25 litres d'eau. D'un autre côté, on a dissous 2 kilogr. de cyanure de potassium dans 10 litres d'eau. La solution, ajoutée, peu à peu, dans la solution d'argent, détermine un précipité de cyanure d'argent, et la formation d'azotate de potasse.

Cette opération, conduite avec soin, jusqu'au moment où l'addition d'une petite quantité de cyanure ne détermine plus de précipité, permet d'éliminer, en décantant, le nitrate de potasse qui reste dissous. On lave à l'eau pure le précipité formé et on le dissout aussitôt dans 2 kilogrammes de cyanure de potassium, puis on ajoute de l'eau de manière à former 100 litres. Ce bain n'est pas immédiatement propre à l'argenture. Il faut, avant d'obtenir un bon dépôt, le mêler à une quantité égale de vieux bain, ou, pour lui donner les qualités d'un vieux bain, le faire bouillir quelques heures, ou enfin, ce qui est d'un résultat plus sûr, y ajouter 1 kilogr. de prussiate jaune pour chaque 2 kilogrammes d'argent; mais cette dernière composition de bain, la plus ordinairement employée, n'est pas convenable pour l'argenture brillante que nous indiquerons tout à l'heure.

La solution d'argent ainsi obtenue est mise dans de grandes cuves rectangulaires en bois, dont les parois intérieures sont doublées en gutta-percha, afin de s'opposer à l'absorption de la liqueur. La cuve est divisée dans sa longueur par des tringles auxquelles sont suspendues des anodes en argent pur, destinées à maintenir le bain dans un état de saturation constant. Toutes les anodes, reliées entre elles par un châssis en cuivre, communiquent au pôle positif. Entre les anodes, des tringles de cuivre communiquent, par un ensemble de châssis isolés, au pôle négatif de la pile. C'est sur ces dernières que l'on place les crochets chargés des pièces à argenter.

Tout étant ainsi disposé, on décape les pièces, ainsi que nous l'avons dit pour la dorure, c'est-à-dire : on lessive à la potasse, on déroche à l'eau seconde, puis on passe aux acides, ou l'on ponce suivant la nature du métal; enfin, on sèche à la sciure de

bois chaude. Ceci fait, on pèse les pièces, pour se rendre compte du métal déposé par la différence des poids avant et après l'argenture. Comme les pièces ont pu être oxydées par le séjour à l'air, et graissées par le contact des mains dans le pesage, avant de plonger dans le bain, on fait un second décapage qui consiste à les tremper dans l'alcool, dans l'eau seconde, dans le nitrate de mercure, et à les rincer dans l'eau fraîche.

Mises dans le bain, les pièces se couvrent immédiatement. Pour un bain contenant 600 litres de liquide, quatre éléments de Bunsen de 0,25 sur 0,40, soit 20 décim. carrés de surface, suffisent pour déposer en quatre heures 450 gr. d'argent.

On termine les pièces argentées, comme nous l'avons indiqué pour la dorure, par le gratte-bossage et le brunissage.

Argenture brillante.—Le dépôt d'argent fait dans les cyanures est ordinairement mat.

En ajoutant un peu de sulfure de carbone à ces bains, M. Elkington a trouvé le moyen de rendre le dépôt brillant. La réaction qui se passe n'est pas encore bien déterminée. La meilleure manière d'employer ce réactif est de mettre dans un flacon bien bouché à l'émeri 10 gr. de sulfure avec 10 litres de bain, et de le laisser vingt-quatre heures en contact ; au bout de ce temps, il se forme un précipité noirâtre, et la solution est bonne à employer. Avant chaque opération d'argenture, on verse 1 centimètre cube de cette liqueur par litre de bain, et immédiatement le dépôt de l'argent devient brillant comme s'il avait été gratte-bossé.

DÉSARGENTAGE ET DÉDORAGE.

Lorsqu'une pièce a été manquée, ou que sur une pièce usée on veut déposer une nouvelle couche de métal, il est nécessaire d'en retirer l'argent déjà déposé. Pour arriver à ce but, on mélange 6 parties d'acide sulfurique à 66° et 1 partie d'acide nitrique à 40°. Ce liquide a la propriété de dissoudre l'argent sans attaquer le cuivre. On opère au bain-marie à la température de 70°.

Dans un bain neuf de désargentage, le cuivre est tellement bien préservé par la présence de l'acide sulfurique, que nous avons pu employer ce procédé pour déterminer la quantité d'argent dont une pièce est recouverte.

Une série d'expériences faites sur des pièces ayant des poids connus d'argent nous a permis de déterminer la valeur du procédé. Nous avons reconnu que, pour que l'opération se fît dans de bonnes conditions, un litre de liquide ne devait pas absorber plus

de 25 grammes d'argent ; passé cette limite, le cuivre est attaqué légèrement.

De même, nous avons constaté que si on désargente une plaque de cuivre de 1 décimètre carré, sur laquelle on a déposé une couche de cuivre de 5 milligrammes entre deux couches d'argent de 3 gr., la couche de cuivre interposée préserve complétement la couche d'argent sous-jacente.

On le voit donc, l'exactitude du procédé n'a d'autres limites que l'approximation de la balance que l'on emploie.

Le dédorage se fait dans un mélange formé de : acide sulfurique 10 parties, sel marin 1, azotate de potasse 2.

L'opération doit être conduite plus lentement et à froid, et les résultats en sont toujours moins sûrs que ceux du désargentage.

On peut désargenter et dédorer dans une solution de cyanure concentrée soumise à l'influence de la pile ; en intervertissant les pôles, ce procédé s'applique plus convenablement aux pièces en acier; car ce métal, placé au pôle positif de la pile, n'est pas attaqué, tandis que l'or, l'argent et le cuivre se dissolvent facilement.

OBSERVATIONS PRATIQUES.

De l'emploi des procédés électro-chimiques, il est résulté pour ceux qui les pratiquent certaines observations dont nous allons consigner ici les principales.

I. Le courant électrique agissant en raison inverse des distances, il s'ensuit que plus une pièce ou une partie de pièce est rapprochée de l'anode, plus il se dépose d'argent. Il est donc utile de mettre à profit cette particularité du courant galvanique, en plaçant en regard de l'anode les parties qui, dans les pièces à argenter, sont les plus exposées au frottement.

II. La densité étant toujours plus considérable dans le fond qu'à la surface du bain, le dépôt d'argent est aussi plus rapide. L'expérience a prouvé que, sur une pièce plongée dans un bain ordinaire, il se déposait un tiers en plus de métal dans les parties inférieures. Le seul moyen de remédier à cet inconvénient est de retourner les pièces pendant le cours de l'opération.

III. Dans la décomposition des solutions d'argent par la pile, le cyanure d'argent seul est affecté ; l'argent se porte au pôle négatif, et le cyanogène au pôle positif. Le cyanure de potassium devenu libre, moins dense que le reste de la solution, s'élève à la surface du bain et détermine un courant ascen-

dant; le cyanure d'argent, formé sur la plaque positive, se dissolvant dans le cyanure de potassium libre, devient plus lourd que la masse du liquide qui l'environne, tombe au fond du bain et forme un courant descendant. De là résulte dans le bain une série de courants ascendants et descendants qui produisent, à la surface des pièces, une multitude de petites stries perpendiculaires. Pour les éviter, il suffit de rendre la densité du bain plus uniforme en agitant les pièces à argenter.

IV. En même temps que l'argent, se dépose encore dans le bain un sous-sel de ce métal qui a l'inconvénient de le faire sulfurer plus vite au contact de l'air. Pour prévenir ce résultat, il est utile de plonger les pièces, après le gratte-bossage, dans un bain de cyanure de potassium pur à 10 pour 100, puis de les rincer à l'eau, à l'eau seconde d'acide sulfurique, à l'eau chaude et sécher; ou mieux encore de les enduire d'une bouillie de borax, de les chauffer légèrement sur un feu de charbon de bois, et de les éteindre dans de l'acide sulfurique étendu à 8°.

V. Lorsqu'une pièce d'orfévrerie, même après le brunissage, est très-sulfurée par son séjour à l'air, on peut la nettoyer rapidement sans altérer en rien le bruni et le mat qui la décorent; il suffit de la passer dans un bain de cyanure à 4 pour 100, de la rincer à l'eau chaude et la sécher avec un linge fin. Un autre moyen qui réussit mieux sur les pièces gratte-bossées que sur les pièces brunies, c'est de les passer à la potasse bouillante, avec un barreau de zinc au contact.

VI. Les bains se détruisent à la longue, c'est-à-dire que, par suite de l'exposition à l'air et du passage du courant électrique, il se forme une certaine quantité de carbonate de potasse et d'ammoniaque aux dépens du cyanure qui altère les propriétés du bain. L'anode soluble n'est donc pas suffisante pour en assurer la perpétuité. Afin d'y remédier, il suffit d'ajouter de temps en temps du cyanure de calcium. Par ce procédé, l'acide carbonique est précipité à l'état de carbonate de chaux, et régénère une quantité équivalente de cyanure de potassium, sans augmenter inutilement la densité du bain. Cette heureuse idée est due à M. Duchemin, ouvrier de la maison Christofle.

Bien d'autres perfectionnements sont encore dus à l'expérience de cette maison, mais le cadre de cet article ne nous permet pas de les indiquer ici.

IV.—DÉPOT DE MÉTAUX AUTRES QUE L'OR ET L'ARGENT.

PLATINAGE.

Le dépôt du platine ne s'est pas fait d'une manière complétement industrielle jusqu'à ce jour.

Le cuivre et ses alliages peuvent seuls être platinés directement. La première dissolution indiquée était composée de 1 litre d'eau, 300 grammes de carbonate de soude et 10 grammes de platine réduit en chlorure.

On opérait à la température de 80° et sous l'influence d'une pile énergique. L'anode de platine ne s'attaquait pas, aussi le bain ne tardait-il pas à se détruire. De plus, la lenteur de l'opération donnait au dépôt de platine un aspect grisâtre ; on était obligé de le faire disparaître de temps en temps par le gratte-bossage, afin de permettre à une nouvelle quantité de métal de se déposer.

M. Roseleur a indiqué une autre dissolution composée de phosphate double de soude et de platine qui donne de meilleurs résultats et permet de déposer le platine à épaisseur.

Pour l'obtenir, dissoudre 10 grammes de platine dans l'eau régale ; après l'évaporation jusqu'à siccité, redissoudre dans 500 grammes d'eau distillée ; ajouter 100 grammes de phosphate d'ammoniaque dissous dans 500 grammes d'eau. Il se forme alors un précipité de phosphate ammoniaco-platinique. Ce précipité est redissous à chaud dans un litre d'eau contenant 500 grammes de phosphate de soude, et on fait bouillir jusqu'à ce que la dissolution devienne incolore. On doit se servir de ce bain à chaud et avec une pile très-énergique, et dans un vase en porcelaine ou en bois. Seulement, comme l'anode n'entretient pas le bain, il faut le concentrer de temps en temps en y ajoutant du précipité de phosphate ammoniaco-platinique.

Mais les difficultés opératoires de ces divers procédés n'ont pas permis aux applications de cette industrie de s'étendre autant qu'on l'avait espéré.

CUIVRAGE ADHÉRENT.

Cuivrage rouge.— Le cuivre rouge déposé sur certains métaux, tels que le fer, l'acier, le zinc, l'étain, le plomb et leurs alliages, sert le plus souvent d'intermédiaire pour augmenter l'adhérence de la couche d'or ou d'argent.

Le cuivrage se fait à chaud à la température de 90° et sous

l'influence d'une très-forte pile. Le bain dans lequel on opère est composé de ferro-cyanure de cuivre dissous dans le cyanure de potassium.

On précipite 2 kilogr. de sulfate de cuivre par du prussiate jaune ; le précipité bien lavé, on le dissout dans 5 kilogrammes de cyanure de potassium, et on ajoute de l'eau de manière à former 50 litres de bain. On fait bouillir pendant une heure, et le bain est prêt à fonctionner. Le dépôt est toujours brillant; aussi ne convient-il pas pour la dorure mate. Pour ce cas particulier, après une immersion de quelques minutes dans le bain de cuivre alcalin, on porte les pièces dans un bain de sulfate de cuivre acide, où le matage s'effectue sans difficulté. Ce moyen est aussi employé, comme préservatif, lorsque l'on veut déposer une forte épaisseur de cuivre sur du fer ou de la fonte.

Cuivrage jaune. — Le cuivrage jaune ou laitonisage s'applique plus spécialement sur des pièces en métaux communs, fer, fonte, zinc, auxquels on veut communiquer l'apparence du cuivre jaune ou des bronzes de différentes couleurs.

Il sert aussi à diminuer la propriété qu'ont certains métaux de s'altérer plus rapidement que le cuivre jaune au contact de l'air.

La meilleure dissolution pour ce genre de dépôt s'obtient en ajoutant au bain de cuivre rouge, dont nous avons indiqué la composition, une quantité égale d'un bain de protochlorure de zinc, dissous dans le cyanure de potassium d'après les proportions suivantes :

Eau	10 kilogr.
Protochlorure de zinc	500 gr.
Cyanure de potassium	1 kilogr.
Carbonate de soude	1 »

On peut l'obtenir aussi en faisant marcher pendant quelque temps un bain de cuivre rouge avec une anode en zinç.

Le laitonisage se fait à froid, sous l'influence de la pile et avec une anode en laiton ; c'est dans le rapport entre l'intensité du courant et la surface des pièces à cuivrer que gît toute la pratique de ce travail. En effet, un courant faible décompose plus rapidement la solution de cuivre que la solution de zinc, et le dépôt tire sur le rouge; un courant énergique affecte plus la solution de zinc, et le dépôt est plus pâle. Il est donc important, dans chaque opération, de bien proportionner la quantité de pièces à cuivrer à l'intensité de la pile dont on se sert.

ÉTAMAGE ÉLECTRO-CHIMIQUE.

L'étain s'emploie pour préserver de l'oxydation le fer, la fonte et les petits articles en cuivre, tels que les épingles. Un grand nombre de solutions stanniques permettent d'atteindre ce but. Le procédé actuellement employé est dû à M. Roseleur. Son bain est composé de :

Eau	500 litres.
Pyrophosphate de soude	5 kilogr.
Protochlorure d'étain fondu	500 gr.

Pour dissoudre le sel d'étain, il faut le mettre sur un tamis et l'agiter jusqu'à complète dissolution pour éviter que les fragments, en tombant au fond, ne s'entourent d'une croûte peu soluble qui empêcherait la dissolution. On soumet le bain au courant galvanique, et l'étain se dépose avec un aspect d'un blanc mat qui résiste assez longtemps aux influences atmosphériques. Le vase dans lequel on opère est entouré d'anodes en étain ; mais elles ne suffisent pas pour alimenter le bain. Il faut de temps en temps ajouter parties égales de sel d'étain et de pyrophosphate au moyen du tamis indiqué plus haut.

Le dépôt par la pile étant ordinairement très-coûteux, on préfère agir directement dans la solution chauffée à 80° et agiter de manière à rendre la densité du bain le plus uniforme possible. On plonge les pièces à étamer en contact avec des fragments de zinc qui déterminent la précipitation de l'étain, et on remue pour éviter les taches qui pourraient résulter du contact du zinc; au bout de deux heures, l'opération est terminée ; on ajoute dans le bain une nouvelle quantité de sel d'étain et de pyrophosphate en parties égales, afin de pouvoir recommencer une autre opération.

Comme c'est par voie de double affinité que l'étamage s'effectue, les bains, en vieillissant, contiennent une grande quantité de pyrophosphate de zinc; on les décante et on garde le liquide clair que l'on met dans des tonneaux appelés *baquets de conservation*, où l'on dépose les pièces décapées avant de les porter à l'étamage.

Un autre procédé, employé antérieurement pour le blanchiment des épingles, consiste à faire bouillir dans des chaudières en cuivre, pendant deux ou trois heures, avec de la crème de tartre, des épingles placées entre deux plaques d'étain; comme les épingles en fer ne se recouvrent pas par ce procédé, on a recours à un tour de main qui consiste à les cuivrer d'abord, dans un vieux

bain de dérochage à l'acide sulfurique, en contact avec des débris de fils de fer.

ZINCAGE.

Bien des dissolutions ont été indiquées pour ce genre de travail. Dans toutes on formait un sel double alcalin de zinc, en dissolvant le sulfate de zinc dans le cyanure de potassium, le sulfate de soude, le carbonate de soude; mais le prix de l'électricité a fait renoncer à l'emploi de tous ces procédés pour faire place à celui qui a pris le nom de *galvanisation du fer*, que nous donnons plus loin.

DIVERS.

On a indiqué encore des dissolutions de plomb, de nickel, de cobalt, dont on n'a pas tiré parti industriellement. Les applications qu'on en a faites ne présentant aucun avantage, nous n'en parlerons pas.

Les dissolutions de fer ont donné, dans ces derniers temps, naissance à une nouvelle industrie appelée *aciérage des planches de cuivre gravées*. Ce procédé, qu'on doit à MM. Salmon et Garnier, permet, en déposant une très-mince couche de fer, de tirer sur la planche mère un plus grand nombre d'épreuves sans altérer les finesses de la gravure ; et on peut, en renouvelant le dépôt, assurer à la planche un tirage considérable. Toutefois, ce procédé ne remplace pas, à notre avis, la conservation presque éternelle de la planche mère, en n'effectuant le tirage que sur des épreuves obtenues par le moulage galvanique ou dépôt direct sur les gravures, comme cela a lieu pour les planches destinées à l'impression des cartes à jouer et des timbres-poste. Le ferrage s'effectue dans un bain de chlorure double d'ammoniaque et de fer; on l'obtient en dissolvant 20 grammes de sel ammoniac dans 100 gr. d'eau, et en soumettant à l'action d'une forte pile de trois à quatre éléments deux plaques de fer placées aux deux pôles; au bout de quelques heures, la solution ammoniacale est saturée de fer et prête à servir.

Les applications de toutes sortes auxquelles ont donné naissance les admirables découvertes de MM. Jacobi, de La Rive et Elkington, sont innombrables. Bien des hommes habiles ont, après eux, augmenté par leurs travaux la sphère des applications de l'électro-métallurgie. Décrire chacune d'elles, ce serait faire l'histoire d'une industrie entière. Nous pensons que les notions que nous avons données permettront d'apprécier toute l'importance d'un art qui crée, par l'action lente et silencieuse de l'électricité, toute

me série de produits industriels et artistiques que l'on n'obtenait as autrefois, ou qui ne pouvaient être exécutés qu'au moyen de acrifices considérables de temps et d'argent.

CHAPITRE III.—DÉPOTS MÉTALLIQUES DIRECTS.

Nous allons maintenant décrire les procédés employés pour roduire directement les dépôts métalliques, c'est-à-dire sans intermédiaire d'un agent ou d'une force physique, et nous passrons successivement en revue la dorure au trempé, la dorure 1 mercure, l'argenture et dorure à la feuille, l'étamage du uivre, l'étamage de la tôle ou fabrication du fer-blanc, le zincage 1 fer ou galvanisation, et, enfin, l'étamage et l'argenture des aces.

I.—DORURE ET ARGENTURE.

DORURE PAR IMMERSION.

Les premiers essais de dorure au trempé furent faits par Baumé; employa le chlorure d'or aussi neutre que possible; mais, par moyen, on ne réussit qu'à dorer de petites pièces d'horlogerie, acide, rendu libre par la décomposition du sel d'or, ne tardant as à donner au bain l'action corrosive du chlorure d'or acide. n 1836, M. Elkington substitua l'emploi des carbonates alcalins, t rendit alors l'opération tout à fait manufacturière. Ce procédé, algré son économie et sa facile exécution, n'est applicable qu'à dorure des bijoux et petits objets en cuivre estampé, à cause de faible couche de métal déposé.

Lorsque le bain est préparé, et cette préparation doit se renouller souvent, car un bain ne peut déposer utilement qu'une rtie de l'or qu'il contient, les opérations qui constituent la rure sont le décapage, l'avivage, l'immersion ou la dorure, et mise en couleur.

Préparation du bain.—Le bain indiqué par M. Elkington, et qui rt encore aujourd'hui, est composé de :

Eau....................................	10 kilogr.
Bicarbonate de potasse ou de soude.......	5 »
Or réduit en chlorure.....................	75 gr.

On dissout l'or dans l'eau régale, en se servant d'un matras en rre à long col, pour éviter les projections, puis on évapore de

manière à chasser la plus grande partie de l'acide en excès. On fait dissoudre la moitié du bicarbonate dans une marmite en fonte, dorée par des opérations antérieures, et on verse le chlorure d'or par petites portions pour éviter une trop vive effervescence ; on ajoute le reste du bicarbonate, et l'on fait bouillir pendant deux heures, en ayant soin de remplacer l'eau perdue par évaporation.

Le bain qui a pris une teinte verte est alors prêt pour la dorure.

Décapage.— C'est une opération complexe qui, pour la dorure par immersion, se scinde en deux séries bien distinctes : le *décapage proprement dit*, c'est-à-dire le recuit, le dérochage et le passage aux acides, que nous avons décrits pour la dorure galvanique, et l'*avivage.*

Le décapage peut se faire quelque temps avant l'avivage sans qu'il en résulte d'inconvénient pour la réussite de la dorure ; l'avivage doit toujours précéder la dorure, sous peine d'insuccès.

Avivage et dorure.—L'aspect mat ou brillant des pièces sortant du bain d'or par immersion dépend complètement de leur préparation. Il s'agit donc, avant de dorer, d'obtenir à la surface des pièces un état moléculaire en rapport avec l'effet qu'on veut produire. Si les bijoux doivent être brillants, on les plonge, en les agitant pendant deux ou trois secondes dans un liquide composé de :

Acide azotique à 36°	10 litres.
Acide sulfurique à 66°	10 »
Sel marin	100 gr.

Si l'on veut un aspect mat, le liquide employé a la composition suivante :

Acide azotique à 38°	20 litres.
Acide sulfurique à 60°	10 »
Sel marin	100 gr.
Sulfate de zinc	100 »

Les objets à mater doivent rester plus longtemps dans le bain et être remués de temps en temps.

Il est nécessaire, quand on travaille beaucoup, de maintenir les vases contenant les deux décapages dans l'eau froide pour les empêcher de s'échauffer. On rince à grande eau, puis on plonge vivement les objets à dorer dans un bain composé de 20 litres d'eau, 20 gr. de nitrate de mercure et 1 litre d'acide sulfurique, puis dans un baquet contenant de l'eau courante, et enfin dans le bain d'or.

ʼopérateur laisse les bijoux plus ou moins longtemps, suivant at de son bain, les agite pendant tout le temps de l'opération, s lave à grande eau et sèche à la sciure de bois chaude; pour ssir, toutes ces opérations doivent être presque simultanées.

Mise en couleur.—Lorsque la dorure sort terne ou inégale de ., on a recours à la mise en couleur, que l'on pratique comme us l'avons indiqué pour la dorure à la pile, en plongeant les ces mal réussies dans un mélange, par parties égales, de fate de fer, sulfate de zinc, sulfate de potasse et alun, et en ignant dans l'eau seconde des pièces dorées après la fusion iée de ces sels à leur surface.

La quantité d'or déposé dans le procédé du trempé est infininnt petite; dans un bain contenant 75 grammes d'or, on peut rer 15 kilogr. de bijoux et retrouver encore dans le bain épuisé r le travail 50 grammes d'or : ce qui fait à peu près 1gr,50 par ogr. de bijoux. On est arrivé à faire de la dorure encore plus ère au moyen du pyrophosphate, qui permet de déposer 0gr,50 r par kilogr. de bijoux. La composition de ce bain, indiquée r M. Roseleur, est la suivante :

Eau	10 kilogr.
Pyrophosphate de potasse	500 gr.
Acide cyanhydrique	8 »
Chlorure d'or	24 »

Cependant, par ce même procédé, on peut, grâce à un tour de ain, déposer des quantités d'or plus considérables, en trempant, rès chaque immersion, les pièces dans le nitrate de mercure, i détermine le dépôt d'une nouvelle couche d'or. On peut aussi gmenter la couche d'or à volonté en plongeant avec les objets dorer des objets en cuivre mal décapés. Ces derniers, ne se reuvrant pas uniformément, donnent lieu à un dépôt d'or pulvélent, par suite à une dissolution permanente de cuivre, et à un urant galvanique qui détermine la précipitation adhérente de r sur le cuivre bien décapé. On obtiendrait le même résultat en servant d'un fil de zinc. Ce dernier en se dissolvant rapidement couvre d'une poudre d'or brunâtre, se constitue à l'état positif permet à la couche d'or d'augmenter indéfiniment. Sur le ivre, il y a d'abord dépôt d'or par la loi ordinaire des précipitaons métalliques, et ensuite dépôt d'or par voie électro-chimique. Ce procédé, indiqué par M. Barral, a permis de rendre la dorure l'argent, dans le bain au bicarbonate, une opération tout à fait dustrielle.

Théorie.—La dorure par immersion est fondée sur le principe général de la précipitation des métaux, de leur dissolution, par d'autres métaux plus oxydables. Dans les bains de chlorure d'or acide de Baumé, la précipitation de l'or sur le cuivre se faisant atomiquement, 3 équivalents de cuivre se dissolvaient pour 2 équivalents de précipité; on pouvait admettre la formule :

$$Au^2Cl^3 + 3Cu = 3CuCl + 2Au.$$

C'est ce qui explique l'impossibilité de la pratique de ce procédé.

Dans le bain au bicarbonate, on admettait généralement que le perchlorure d'or se transformait en protochlorure par une ébullition prolongée en présence de certains corps organiques, tels que la sciure de bois, propres à réduire l'or. M. Barral, vérifiant par l'expérience directe cette assertion, a été amené à donner une tout autre théorie. Il a constaté que dans un bain d'or où il avait été déposé 3gr,565, il avait été dissous 1gr,158 de cuivre; par conséquent quand il s'est déposé Au^2, il s'est dissous Cu^2; de plus, que la dorure effectuée sans passage à la sciure réussit également bien; que l'ébullition prolongée du bain au bicarbonate pendant deux heures ne sert qu'à transformer le bicarbonate en sesquicarbonate; enfin qu'un bain fait avec du sesquicarbonate dore après quelques instants d'ébullition.

Il a donc été amené à penser que la réduction du perchlorure en protochlorure se faisait au moment de la dorure, et qu'il cédait alors son or en produisant un chlorure de cuivre de composition atomique équivalente. En effet, M. Barral a reconnu, par l'analyse directe, que le bicarbonate d'un bain épuisé avait été complétement transformé en chlorure de potassium et en chlorate de potasse. Or, on le sait, lorsque du chlore traverse une dissolution de potasse, il donne naissance à du chlorure de potassium et à du chlorate de potasse. Il a donc pensé que, pour 2 équivalents d'or qui se précipitent, 3 équivalents de chlore sont mis en liberté; 2 de ces 3 équivalents s'emparent de 2 équivalents de cuivre et 1 équivalent de chlore resté libre réagit sur le carbonate de potasse dont on comprend dès lors le rôle important. On a donc la formule :

$$3Au^2Cl^3 + 6KO + 6Cu = 3Cu^2Cl + 5ClK + ClO^5KO + 3Au^2.$$

Ou bien, en admettant la formation du bichlorure de cuivre, ce qui est assez probable, à cause de la teinte bleue de la liqueur, on a la formule :

$$6Au^2Cl^3 + 6KO + 12Cu = 12CuCl + 5ClK + ClO^5KO + 6Au^2.$$

DORURE AU MERCURE.

Quoique la dorure au mercure ne soit plus employée mainte-nt, comme une grande partie de ses procédés ont été les points départ de l'industrie électro-chimique, nous les décrirons avec ıelques détails.

La nature de l'alliage de cuivre sur lequel on opère a une ande influence sur la réussite de la dorure. L'alliage reconnu le eilleur par M. Darcet, qui a tant amélioré cet art meurtrier, est mposé de 82 de cuivre, 18 de zinc, 1 d'étain et 3 de plomb ; un re de cuivre inférieur amènerait des accidents dans la réussite la dorure. Le mercure sert d'intermédiaire à la dorure en for-ant un amalgame double d'or et de cuivre ; il est donc impor-nt d'avoir l'alliage le plus riche en cuivre, car, suivant M. Dar-t, la recuisson employée pour préparer le décapage a surtou ur objet de ramener les couches extérieures à l'état de cuivre uge par la volatilisation du zinc, et par suite de faciliter la mbinaison de l'amalgame avec ces couches. Les opérations de dorure au mercure sont le *décapage*, la *dorure*, comprenant la éparation de l'amalgame, l'application sur les pièces à dorer, volatilisation du mercure, et la *mise en couleur*, comprenant le atage, la mise à l'or moulu ou au rouge, et le brunissage.

Le décapage se fait comme nous l'avons indiqué pour la dorure la pile.

Dorure.—Pour dorer au mercure, l'or fin, c'est-à-dire l'or à 000, ne vaut rien : il se dissout mal ; il faut employer de l'or ié à 960 au moins. Pour préparer l'amalgame, on met dans un euset, chauffé sur une forge de doreur bien ventilée, et dont la nstruction toute spéciale a été indiquée par M. Darcet, 1 gr. or et 7gr,50 de mercure ; puis, avec un crochet en gros fil de fer remue dans le fond du creuset l'or et le mercure, afin de faci-er la dissolution. L'amalgame formé est versé dans une terrine au et pétri à la main pour faire écouler le mercure en excès ; doit être pâteux comme de la cire à modeler et conserver l'em-einte des doigts ; il contient 9 à 11 d'or pour 91 à 89 de mercure ; le divise alors à la main en quatre, cinq ou dix petites boules ales qui contiennent 0gr,25, 0gr,20 ou 0gr,10 d'or, et permettent connaître la quantité d'or qu'on appliquera sur les pièces à rer.

L'or ainsi amalgamé est étalé sur un plateau de terre sans nail ; puis avec une gratte-bosse, faite en forme de pinceau avec

du laiton très-fin et trempée dans du nitrate de mercure étendu au 20e ou au 30e, suivant la richesse du cuivre, on frotte la pièce, avec aussi peu d'amalgame que possible, jusqu'à ce qu'elle soit blanchie; cela fait, on charge, suivant l'épaisseur de la couche que l'on veut déposer, en brossant par petits chocs avec la pointe de la gratte-bosse jusqu'à ce que la couche soit bien égalisée partout.

Passure au feu.—On porte ensuite la pièce sur un feu vif et on la chauffe. De temps en temps, on projette une goutte d'eau sur la pièce dorée; dès qu'elle frise à sa surface, on la retire du feu avec des pinces appelées *pinces-moustaches;* on la place dans la main gauche, recouverte d'un gros gant garni pour éviter la brûlure et le contact des vapeurs mercurielles; puis, de la main droite, avec une brosse à long manche, on tape en brossant afin d'étendre l'or et de l'égaliser. Cette opération étant répétée cinq à six fois sur la pièce, on voit le mercure s'évaporer et la pièce devenir d'un jaune paille.

Presque toujours l'or n'a pas pris suffisamment partout; on fait ce qu'on appelle des *reprises*, c'est-à-dire qu'on recommence partiellement l'opération, non plus avec du nitrate acidulé, mais avec de l'eau seconde d'acide nitrique à 10 ou 15° Baumé; l'or est alors posé de la même manière sur les parties faibles, mais avec une gratte-bosse plus petite, puis on repasse au feu jusqu'à volatilisation du mercure. La pièce est ensuite gratte-bossée avec de l'eau légèrement vinaigrée ou de l'eau de réglisse, passée à l'eau chaude et séchée à la sciure. Elle prend par le gratte-bossage un aspect verdâtre et acquiert un brillant bien uniforme dans toutes les parties ou la gratte-bosse a passé : signe certain que le travail est achevé.

Mise en couleur, *matage et brunissage.*—Après le gratte-bossage, pour donner à la dorure son aspect commercial, on a recours à la mise en couleur; la plus employée est celle de l'or moulu.

On commence par faire chauffer la pièce, qui prend un ton jaune paille plus accusé; on laisse refroidir et on applique au pinceau la couleur d'or moulu dont nous avons indiqué la composition dans la dorure électro-chimique. On chauffe jusqu'à fusion brunâtre, et on éteint la pièce dans l'eau seconde d'acide chlorhydrique à 5°. On lave avec un pinceau et on sèche; la couleur obtenue, on brunit les parties unies à la pierre et aux outils d'acier; on fait chauffer légèrement, puis sécher, et la pièce est terminée.

Passure au mat.—Le matage demande beaucoup d'expérience et d'habileté. Après le gratte-bossage, on épargne au pinceau les parties qui ne sont pas dorées ou doivent être brunies, avec un mélange de blanc d'Espagne bien broyé, et d'eau légèrement gommée et sucrée; on laisse sécher devant le feu; on attache ensuite la pièce avec du fil de fer sur un morceau de fer plat appelé *mandrin*, en ayant soin de ne pas mettre les attaches sur les parties qui doivent devenir mates.

On chauffe sur un feu de charbon de bois jusqu'au point de faire bleuir les parties dorées; puis, au moyen d'un pinceau, on couvre les pièces de la composition appelée *mat*, qu'on a fait fondre dans un poêlon en fonte émaillée. Ce mélange contient 5 parties d'eau, 46 d'azotate de potasse, 46 d'alun de potasse, et 3 de sel marin.

La pièce, recouverte à deux ou trois reprises de ce mélange, est chauffée jusqu'à ce que les sels coulent et deviennent jaune d'or en se détachant de la pièce, puis plongée vivement dans un grand baquet d'eau. Les sels détachés tombent au fond du baquet et la pièce apparaît avec la belle couleur d'or mat.

Dans cette opération, le mat est dû à l'attaque de la surface par un dégagement de chlore qui dissout le cuivre de l'alliage, et forme à la surface de la pièce un réseau qui, ne réfléchissant plus la lumière, produit l'effet mat.

Presque toujours, la partie opposée à celle qui a été plongée présente des taches verdâtres; on remet alors la pièce au feu, puis avec un pinceau on prend du mat, qu'on étend d'un peu d'eau, et qu'on promène avec soin sur les parties tachées; on chauffe quelques minutes et l'on replonge dans le baquet au mat; on lave alors avec une eau seconde d'acide nitrique très-faible; on rince à l'eau chaude et on sèche à l'étuve.

Les parties épargnées avec le blanc sont brunies par les moyens ordinaires, puis la pièce lavée, séchée de nouveau, est portée sur la tôle chauffée du fourneau de passure au mat, et séchée définitivement pour éviter l'apparition des taches de mercure.

Pour obtenir l'or rouge, on emploie le vert à rougir, comme nous l'avons indiqué déjà pour la dorure électro-chimique.

Ces procédés, pour être appliqués avec succès, exigent impérieusement une quantité d'or déterminée, sans laquelle la réussite est impossible. Ainsi, telle pièce qu'on pourrait dorer à la pile avec 25 centigr. d'or exigerait 50 centigr. pour la dorure au mercure à l'or moulu, et 1 gramme pour la dorure au mat.

Aussi, le procédé si meurtrier de la dorure au mercure est-il maintenant complétement abandonné, quoi qu'en disent certains marchands peu soucieux de la vérité, qui dénigrent la dorure nouvelle au profit de l'ancienne et font ainsi bon marché de la santé de leurs ouvriers.

Un fait acquis, c'est que, par la dorure galvanique, si on a pu, sans que l'apparence en souffrît, livrer des produits d'un mauvais usage, comme la solidité de la dorure ne dépend que de la quantité d'or et non du procédé employé, malgré les affirmations contraires, la dorure galvanique a dans tous les ateliers victorieusement remplacé la dorure au mercure.

DORURE ET ARGENTURE A LA FEUILLE.

Dorure. — Les procédés de dorure sur bois, sur plâtre ou carton-pâte, exigent des préparations qui rentrent complétement dans le domaine de la peinture à l'huile : nous ne ferons que les indiquer. Lorsque les surfaces ont été bien préparées au blanc, puis poncées à la prêle, on les enduit d'un mordant appelé *or couleur*, qui détermine l'adhérence des feuilles d'or appliquées au moyen d'un pinceau en poils de putois; puis on vernit au vernis gras ou on brunit avec la pierre d'hématite ou l'agate.

L'or en feuilles s'applique aussi sur les métaux et d'une manière analogue; on enduit la surface du métal à dorer d'un vernis appelé dans le commerce *vernis mixtion*, qui happe et retient la feuille d'or sur tous les points où il a passé. On termine en vernissant au vèrnis copal.

La dorure au four se fait de la même manière, seulement au lieu de laisser sécher naturellement, on cuit le vernis avec la feuille d'or à la température de 150°, et la dorure acquiert par là plus de solidité.

La dorure à la feuille s'exécute aussi par le procédé que nous allons décrire pour l'argenture.

Argenture. — L'argenture à la feuille, presque délaissée maintenant, s'emploie encore quelquefois pour certains articles de décoration d'église ; elle nécessite une main-d'œuvre considérable.

On commence par recuire les pièces qu'on plonge chaudes dans l'acide nitrique étendu et qu'on sèche à la sciure ; on les fixe ensuite dans un étau ou sur un tour, suivant leur forme. Sur les pièces chauffées à 150° environ, on pose, au moyen de petites pinces d'acier appelées *brucelles*, les feuilles d'argent battues, et

on les applique en les brunissant fortement avec le brunissoir à *avaler ;* on enlève ensuite avec une brosse douce les parcelles de feuilles non adhérentes, appelées *bractées d'argent*, et on recommence l'application de nouvelles feuilles de la même manière. La charge obtenue, on termine avec le brunissoir à adoucir.

On a pu, par ce procédé, appliquer jusqu'à 60 grammes d'argent par douzaine de couverts blanchis préalablement au trempé. Le prix de revient de cette argenture l'a fait complétement abandonner.

PLAQUÉ D'ARGENT.

Il est encore un moyen d'appliquer l'argent sur le cuivre qu'on appelle *placage*. Il consiste à souder, au moyen du borax et de la chaleur d'un four à moufle, une feuille d'argent fin sur un lingot de cuivre rouge, préalablement enduit d'azotate d'argent, et à laminer ensemble les deux métaux encore chauds. De cette manière, on obtient des plaques qu'on peut travailler au tour et au marteau, et avec lesquelles on fait toutes espèces d'objets destinés au service de la table. Mais ce procédé, mis en pratique à Sheffield en 1742, par Th. Bolsower, ne pouvait donner naissance qu'à un nombre limité de formes et d'ustensiles, et a vu son importance décroître après la découverte des procédés d'argenture galvanique.

ARGENTURE AU TREMPÉ.

Cette méthode n'est guère employée que pour des objets de peu d'importance. Elle s'effectue, à la température de l'ébullition, dans un bain de cyanure double de potassium et d'argent contenant 5 grammes d'argent par litre, et sur des pièces préalablement très-bien décapées. Un autre procédé, appelé *bouillitoire*, était employé depuis longtemps dans l'industrie et servait à l'argenture des épingles, agrafes, boucles. Il consistait à faire un mélange de nitrate d'argent provenant de 10 gram. d'argent vierge, 633 gr. de sel marin, 20 grammes de sel ammoniac, 20 grammes de sel de nitre, 2 grammes d'arsenic blanc et 80 grammes de crème de tartre; puis, en projetant dans de l'eau bouillante une petite quantité de cette pâte, on formait un bain dans lequel les pièces plongées se couvraient d'une couche d'argent très-brillante.

Ce procédé a été modifié et simplifié en Angleterre. Il sert encore pour l'argenture des boutons de qualités inférieures et articles similaires. Dans une bassine de cuivre rouge, on fait bouillir 30 grammes de chlorure d'argent, 500 grammes de chlorhydrate

d'ammoniaque et 4 grammes de bichlorure de mercure, et on pratique l'argenture avec les précautions ordinaires de la dorure au trempé.

On se servait encore autrefois d'un procédé appelé *argenture au pouce*. Il consistait à frotter avec le pouce, enveloppé d'un linge fin, les pièces préalablement décapées, au moyen d'un mélange de 1 partie d'argent en chlorure, 3 parties de crème de tartre, 4 parties de sel marin et une petite quantité de sulfate de fer qu'on broyait dans un mortier, avec un peu d'eau.

II.—ÉTAMAGE.

Le cuivre et le fer, exposés au contact de l'air humide, éprouvent des altérations plus ou moins rapides. Les vases en cuivre destinés à la cuisson des aliments peuvent, au contact des acides, donner naissance à des composés vénéneux. Ces raisons ont fait depuis longtemps rechercher les moyens de les préserver de l'oxydation par le dépôt à leur surface d'un autre métal, et ont donné naissance aux procédés de l'*étamage* et à la *fabrication du fer-blanc*.

Étamage du cuivre.—On commence par décaper parfaitement le cuivre, condition toujours nécessaire d'une parfaite réussite. On y arrive en grattant d'abord et en saupoudrant de sel ammoniac la pièce à étamer. On chauffe légèrement, en étendant le sel ammoniac avec un tampon d'étoupe. Il se forme un sel double volatil de cuivre et d'ammoniaque qui entraine, en se volatilisant, l'oxyde de la surface de la pièce; puis on verse sur la pièce, qu'on continue à chauffer, de l'étain fondu préalablement dans un vase en fonte, on frotte avec l'étoupe et on fait écouler l'excès de métal; au lieu de chauffer directement, on applique encore l'étain au moyen du fer à souder, en régularisant toujours son application avec l'étoupe. Si, pendant l'étamage, quelques parties paraissaient moins bien prises, on jette un peu de résine qui, en enlevant l'oxyde, facilite l'alliage des deux métaux.

On obtient maintenant un bien meilleur décapage en remplaçant le sel ammoniac par le chlorure double d'ammonium et de zinc, qu'on emploie en dissolution. Ce sel permet d'obtenir l'étamage du cuivre et même du fer avec la plus grande facilité.

L'étain fin n'est presque pas employé; on se sert ordinairement d'un alliage de 90 étain, 10 plomb.

Pour les vases destinés à la cuisine, comme l'usure est assez rapide, on emploie un alliage qui résiste mieux au frottement

que les composés de plomb et d'étain; il contient 1 partie de fer pour 6 parties d'étain, et se fait en projetant des rognures de fer-blanc dans de l'étain fondu et en chauffant au rouge.

Les procédés d'étamage servent aussi à réunir deux surfaces entre elles, c'est-à-dire à les souder. On commence par étamer séparément les deux surfaces, comme nous venons de l'indiquer; puis on les réunit au moyen d'une soudure dont l'alliagé est moins riche en étain et contient une partie d'étain pour deux à trois parties de plomb.

III.—FABRICATION DU FER-BLANC.

Le métal destiné à la fabrication du fer-blanc doit être de la meilleure qualité. On emploie de préférence le fer affiné au charbon de bois; lorsque la tôle a acquis par le laminage les épaisseurs convenables, on la coupe à la cisaille dans des dimensions uniformes, variant suivant les usines, et dont les plus ordinaires sont 35 cent. sur 27 cent.

Les feuilles de fer-blanc ont de petites dimensions, parce qu'il est plus facile d'en réussir parfaitement l'étamage. En effet, pour que l'étamage soit utile, il ne faut pas qu'il y ait un seul point de la surface dénudé; dans le cas contraire l'oxydation du fer marcherait plus rapidement même que si le métal n'avait pas été étamé.

Les feuilles de fer-blanc sont livrées dans le commerce par caisses de 100, 150, 200 ou 275 feuilles, indiquées par un numéro d'ordre de grosseur. C'est par nombre de feuilles égal que chaque mise au tain s'effectue.

Décapage. — Cette opération se fait dans les acides végétaux provenant de la fermentation du son; elle est précédée d'un travail préliminaire, consistant dans une sorte de recuisson et de laminage à froid.

Les feuilles pliées sous un angle de 60° sont trempées dans une eau seconde d'acide chlorhydrique étendue au sixième, puis portées sur la sole d'un four à réverbère, où on les recuit au rouge sombre. Le pli donné aux feuilles est fait pour faciliter l'action de la flamme sur les deux côtés de leur surface.

Au sortir du four, après les avoir laissé refroidir, on les frappe sur un bloc de fonte pour enlever les écailles d'oxyde et on les porte sous un laminoir à cylindre de fonte de 40 à 45 cent. de diamètre.

On procède alors au véritable décapage. Le bain acide est formé d'eau de seigle ou de son, acidifiée par la fermentation pendant dix ou douze jours; on laisse les feuilles de tôle pendant douze heures dans ce bain, puis on les trempe pendant une heure dans de l'eau contenant quelques centièmes d'acide sulfurique, jusqu'à ce que les feuilles paraissent bien brillantes. Elles sont ensuite blanchies avec de l'étoupe et du sable et jetées dans des cuves pleines d'eau pure où on les conserve en attendant la mise au tain.

Étamage.—L'étain qu'on emploie pour la fabrication du fer-blanc doit être de première qualité, exempt de fer et de soufre; l'étain en grain qui provient des minerais d'alluvion est préféré par cette raison.

On le fait fondre dans une sorte de creuset en fer ayant 80 cent. de profondeur et 60 cent. de largeur, et contenant 6 à 700 kilogr. de métal. On met à la surface du bain une couche de suif de 10 cent. d'épaisseur qui empêche la tôle de s'oxyder et favorise l'alliage des deux métaux. A droite de ce creuset se trouve une première chaudière de même capacité et contenant de la graisse fondue, puis, à gauche, une grille en fer où les feuilles, placées latéralement, laissent écouler l'étain en excès, puis une chaudière plate appelée *laveur*, contenant une petite épaisseur d'étain fondu, recouvert de suif blanc.

Les feuilles sortant du bain de décapage sont plongées d'abord, une heure environ, dans le premier bain de suif destiné à prévenir l'explosion qui résulterait de l'immersion dans le bain métallique des feuilles encore humides; puis dans le bain d'étain où, posées verticalement, elles restent une heure et demie. Retirées de ce bain, on les laisse égoutter sur la grille en fer : l'étain s'écoule et forme, à la partie inférieure, un bourrelet qu'on enlève, en les trempant rapidement dans le laveur, qui fait fondre l'excès d'étain; un coup donné par l'ouvrier au moment où l'étain va fondre fait tomber le métal excédant.

Il ne reste plus qu'à tiédir légèrement les feuilles dans un four spécial, pour enlever, au moyen d'étoupes, la graisse qui peut rester à la surface, puis à les brillanter en les nettoyant à fond avec du blanc d'Espagne en poudre.

Un étamage de 1000 feuilles, de 35 centimètres sur 27, consomme 50 kilogr. d'étain, ce qui représente 130 à 140 grammes d'étain par mètre de surface.

L'alliage de fer avec l'étain détermine une cristallisation qu'on

rend apparente en frottant la surface du fer-blanc avec de l'eau acidulée par de l'eau régale; on donne alors naissance au phénomène du *moiré métallique*, auquel un moment de vogue avait donné une certaine importance industrielle, mais qu'on a depuis abandonné.

IV.—GALVANISATION DU FER.

Le zincage du fer fut pratiqué pour la première fois par Mallouin en 1742. Mais le prix élevé du zinc ne permit pas de donner à cet essai l'importance industrielle que la galvanisation doit aux travaux de M. Sorel. Le zinc préserve le fer bien mieux que ne le fait l'étain, car dans le couple voltaïque formé par ces deux métaux, c'est le zinc qui est positif par rapport au fer; en s'oxydant, il se recouvre d'une couche d'oxyde qui fait vernis et empêche l'altération des couches sous-jacentes.

Dans ce procédé, comme dans tous les autres, il faut avoir recours préalablement à un bon décapage.

Le bain de décapage indiqué par M. Sorel, et qui réussit toujours parfaitement, est composé d'eau seconde et d'acide sulfurique à 10°, mélange dans lequel on a fait macérer des tourteaux de colza.

Au sortir de ce bain, où le fer peut rester plusieurs heures sans inconvénient, on le plonge dans un bain de zinc fondu. Le métal est contenu dans de grands creusets, en tôle de fer, de 2 centimètres d'épaisseur, ayant la forme de deux cylindres à diamètres inégaux réunis par un canal plus étroit, constituant une sorte de baignoire étranglée en son milieu, et contenant 1,800 kilogrammes de zinc. La forme de ces grands creusets a été déterminée par la nécessité où l'on peut se trouver de faire dans le même bain des pièces larges ou longues et d'éviter l'emploi d'une trop grande quantité de métal. Le dessus des creusets est au niveau du sol; il est chauffé au coke dans un fourneau en briques, dont les carneaux sont disposés de manière à recevoir le zinc fondu dans des réservoirs spéciaux en cas de rupture du creuset. Au-dessus du zinc fondu, on met une couche de sel ammoniac qui le préserve de l'oxydation et achève le décapage du fer qu'on y plonge.

En sortant du bain, les pièces zinguées sont plongées immédiatement dans une solution étendue de sel ammoniac, qui fait tomber le zinc non adhérent, et détruit la couche brillante du

métal, en produisant une espèce d'oxydation préservatrice très-solide.

Lorsque l'on veut zinguer des clous, ou autres petits objets, on les place dans un panier de fil de fer, on les plonge dans le bain de zinc, toujours recouvert de sel ammoniac, et on les secoue ensuite dans l'eau pour détacher l'excès de zinc.

L'emploi des fils de fer galvanisés pour la télégraphie et la culture des jardins a donné naissance à une industrie spéciale; on suit ordinairement la disposition que nous allons indiquer. Au sortir du décapage, les bottes de fils de fer sont enroulées sur une bobine conique dont l'axe est vertical. Le bain de zinc fondu est contenu dans un demi-cylindre en tôle de 30 cent. de diamètre et de 1^m,20 de largeur. Le fil, maintenu par des guides, entre d'abord dans un bain de sel ammoniac, placé à l'une des extrémités du demi-cylindre et séparé du zinc par une tôle épaisse; puis passe dans le zinc, qui est recouvert d'oxyde de zinc et de graisse, destinés à préserver l'évaporation du métal; au sortir du bain, à l'autre extrémité, le fil passe dans une filière mobile qui enlève l'excès de zinc et régularise l'application du métal; il est enroulé ensuite sur des bobines en tôle, montées sur un axe horizontal; une des joues de la bobine est mobile pour permettre d'enlever facilement la botte lorsqu'elle est terminée; tout le système marche mécaniquement.

Durant le cours de ces opérations, le fer zingué augmente de 5 à 6 pour 100 de son poids à peu près.

Dans le bain qui sert à la préparation du fer galvanisé, il se forme un alliage de zinc et de fer qui se précipite au fond des chaudières, y adhère fortement et laisse le zinc surnageant à peu près pur; cet alliage, très-cassant, se pulvérise facilement; il contient 10 pour 100 de fer. On a mis sa production à profit en mélangeant la poudre qui en résultait avec des huiles et de l'essence, et on a donné naissance à un produit connu sous le nom de *peinture galvanique*.

Le zinc surnageant finit cependant par contenir une certaine quantité de fer, 4 pour 100 de son poids. Dans cet état, impropre à la galvanisation, il doit être mis de côté, et constitue le principal déchet de l'opération. Pour en tirer parti, on l'expédie en Amérique; il sert pour la fabrication du laiton; en France, on n'a pas encore su l'utiliser.

V.—ÉTAMAGE ET ARGENTURE DES GLACES.

Les métaux étant susceptibles d'un beau poli possèdent par suite la propriété de réfléchir la lumière ; mais les surfaces métalliques réfléchissantes, ou miroirs, ne peuvent être de grande dimension ; c'est pour cela qu'on a cherché à donner au verre parfaitement plan les propriétés réfléchissantes du métal, en déposant un alliage métallique sur une de ses faces. L'amalgame d'étain est le plus ordinairement employé.

Étamage.—Pour effectuer l'étamage d'une glace, on commence par poser une feuille d'étain battue, un peu plus grande que la glace à recouvrir, sur une table en pierre, parfaitement dressée et mobile sur une articulation à genou ; cette table est entourée d'un cadre en bois et munie d'une rigole, sur son pourtour, pour arrêter le mercure excédant. On étend avec une brosse douce la feuille d'étain et on verse sur sa surface 2 à 3 millim. de mercure, puis on applique la glace sur l'amalgame formé, en chassant l'excès de mercure devant elle. Lorsqu'elle est appliquée, on la charge de blocs de plâtre pour la maintenir en contact et on la laisse en cet état pendant trente-six heures ; c'est au bout de ce temps qu'on l'incline un peu pour faire écouler l'excès de mercure, opération qui demande beaucoup de précaution, car on risque de faire couler l'étain. L'opération d'étamage dure dix à quinze jours pour être complète ; lorsqu'elle est terminée, l'amalgame qui la recouvre contient 4 parties d'étain pour 1 partie de mercure.

Si l'opération a manqué dans un endroit, ou s'il arrive quelque accident, on enlève la partie gâtée et on met une pièce. Cette opération est délicate.

Argenture.—A cause des dangers inhérents à l'emploi du mercure, on a essayé d'argenter les glaces, et on y a parfaitement réussi dans ces dernières années. C'est à M. Liébig qu'on doit les premiers essais d'argenture sur verre. Le célèbre chimiste avait observé qu'en faisant réagir l'aldéhyde sur une solution ammoniacale d'azotate d'argent, ce métal se déposait brillant sur le verre. M. Drayton tenta d'établir sur ces données une industrie. Il obtenait l'argenture en réduisant le sel d'argent par des solutions alcooliques d'essences. Pour opérer par son procédé, on fait dissoudre 123 grammes d'azotate d'argent dans le double de son poids d'eau, on ajoute 16 grammes d'azotate d'ammoniaque, puis 6 grammes d'ammoniaque et 750 grammes

d'alcool à 36°. On agite la liqueur, on filtre et on verse 15 pour 100 de teinture de résine galbanum ; il se forme un dépôt blanc qui se colore peu à peu en brun. On agite et on laisse reposer plusieurs jours.

Pour se servir de cette liqueur, on la chauffe à 75° ; on la filtre et on ajoute dans la liqueur chaude 3 pour 100 d'ammoniaque et 3 pour 100 d'esprit de girofle ; on la verse sur la glace, ou dans le vase à argenter, et au bout de deux à trois heures la métallisation est terminée ; on décante et on fait sécher à l'étuve.

Ce procédé a donné lieu en France et en Angleterre à une exploitation ; mais comme au bout d'un certain temps, des taches se produisaient sur les glaces, que d'ailleurs la réussite paraissait très-incertaine, on y a renoncé.

On a essayé depuis de lui substituer la réduction du même sel d'argent ammoniacal, soit par une solution de glucose et de chaux, soit par la solution du fulmicoton dans la potasse, mais sans plus de succès.

Le procédé vraiment pratique, le seul en usage maintenant, et dont les résultats sont complétement entrés dans l'industrie, a été inventé par M. Petitjean en 1855. Voici comment l'industrie de l'argenture de glaces est mise en pratique, à Paris, par M. Brossette, le concessionnaire du brevet de M. Petitjean.

On prépare deux solutions : la première se compose de 100 gr. d'azotate d'argent et 60 grammes d'ammoniaque liquide, dissous dans 500 grammes d'eau distillée ; après filtration, cette liqueur est étendue de 16 fois son volume d'eau distillée, et on y ajoute, goutte à goutte, une dissolution de 7gr,50 d'acide tartrique.

La seconde est préparée de la même manière, mais avec une quantité double d'acide tartrique.

Comme ces solutions se réduisent rapidement, il faut préparer le matin les liqueurs à employer dans la journée.

Avant de procéder à l'argenture, on doit décaper parfaitement la glace. Pour y arriver, on la nettoie d'abord avec du blanc d'Espagne et un linge fin, puis avec un tampon et un peu de la première solution ; on la sèche ensuite en l'essuyant avec une peau de chamois ; la glace, posée horizontalement sur une table, sorte de caisse en fonte d'une planimétrie parfaite, est chauffée à 45° centigrades par un serpentin, à circulation de vapeur ; on passe à sa surface un rouleau en caoutchouc trempé dans l'eau distillée, de manière à préparer l'adhérence du liquide et de la glace, et on coule la première solution qui se trouve

nue à la surface du verre uniquement par l'effet de la capil-
té; au bout de sept à huit minutes, le dépôt commence et un
rt d'heure suffit pour son achèvement; on fait écouler l'excès
liquide et on lave, toujours à l'eau distillée; puis on applique
seconde couche en versant à la surface de la glace la deuxième
ition, qu'on laisse agir pendant le même temps. L'argenture
nt alors complète, on lave et on fait sécher.

Pour couvrir 1 mètre carré de glace, il faut 2 litres et demi de
ieur, et on dépose, en moyenne, 6 grammes par mètre carré.

Pour préserver la couche d'argent des accidents de la sulfu-
ion et des frottements, on la recouvre d'une peinture au
nium composée de 500 grammes de minium, 40 grammes
uile siccative et 160 grammes d'essence de térébenthine. M. de
big a proposé d'arriver au même but en déposant sur l'argent
couche de cuivre galvanoplastique, mais les avantages résul-
t de la plus grande solidité du dépôt ne compensent pas les
onvénients pratiques du procédé.

e dernier moyen avait fait naître l'idée de faire des plaques
daguerréotype à surfaces polies, en donnant plus d'épaisseur
couche de cuivre; mais le prix du dépôt de ce métal empêcha
éussite du procédé, né d'ailleurs beaucoup trop tard.

ous espérons que la revue rapide que nous venons de faire
es différents procédés, permettra cependant de comprendre
te l'importance des industries qui emploient les métaux en
face.

HENRI BOUILHET.

EAUX

L'histoire chimique élémentaire de l'eau a été donnée dans une autre partie de cet ouvrage; nous n'y reviendrons pas ici. Cet article comprend l'histoire de l'eau considérée au double point de vue de son application aux usages domestiques et de son emploi dans l'industrie. Nous avons été autorisé par M. Hervé Mangon à nous servir, pour la première partie, d'un grand et important travail que notre cadre restreint ne pouvait admettre.

I.—DE L'EAU AU POINT DE VUE DES USAGES DOMESTIQUES.

Les eaux renferment naturellement les éléments solubles des terrains qu'elles traversent, c'est-à-dire qu'elles peuvent contenir en proportions variables des composés extrêmement nombreux. Dans les eaux destinées aux usages de la vie, à l'exclusion des eaux minérales (voir page 175), on ne rencontre habituellement, en quantités un peu notables, que les substances suivantes : alumine, fer, chaux, magnésie, soude, potasse ou ammoniaque, les acides silicique, sulfurique, chlorhydrique, phosphorique, azotique et carbonique.

Dans beaucoup d'eaux on trouve encore des traces de brôme, d'iode et de plusieurs autres substances qui paraissent exercer une action puissante sur les qualités hygiéniques de l'eau, et dont l'étude par cela même doit être poursuivie avec une grande attention. Aux matières minérales qu'on vient de citer s'ajoutent presque constamment, en proportions plus ou moins considérables, des matières organiques de composition et de propriétés extrêmement variables, mais dont l'influence sur la qualité de l'eau est toujours extrêmement fâcheuse.

Enfin les eaux naturelles renferment, à l'état de dissolution, des quantités plus ou moins grandes de gaz oxigène, azote et acide carbonique dont la proportion doit être prise en sérieuse considération.

Les propriétés chimiques d'une eau potable sont évidemment le résultat de l'ensemble des matières qu'elle renferme à l'état

dissolution; aussi convient-il, avant d'aborder l'étude de cette
nthèse compliquée, d'étudier l'influence spéciale de chacune
s matières qui se trouvent dans les eaux.

Il est bien entendu qu'il ne s'agit que de matières dissoutes;
substances tenues en suspension dans les eaux troubles seront
udiées en parlant des moyens de filtrage.

Avant d'aller plus loin, faisons remarquer qu'il est bien dif-
île de dire à quel état de combinaison se trouvent dans l'eau
s éléments que l'analyse a séparés, et que ce n'est qu'à l'aide
hypothèses que l'on groupe entre eux les bases et les acides.
ur ne citer qu'un exemple, si l'on mélange des dissolutions de
lorures de sodium et de sulfate de magnésie, on obtiendra bien
r évaporation du chlorure de sodium et du sulfate de magnésie,
ndis que par un autre mode de séparation (l'action du froid),
recueillera du sulfate de soude, du chlorure de magnésium
stant dans les eaux mères.

On se trouve ainsi placé entre deux hypothèses, et il serait
surément très-hasardeux de donner la préférence à l'une
utôt qu'à l'autre.

Les dissolutions très-étendues présentent d'ailleurs un fait
marquable, c'est l'action dissolvante de certains sels les uns
r les autres, qui vient souvent démentir ce que nous croyons
voir du jeu des affinités. Ainsi une eau qui renferme quelques
ntigrammes par litre de certains sels devient, par cela même, un
ssolvant plus énergique pour d'autres matières que si elle était
re. De même, la plupart des matières organiques qui existent
ns l'eau exercent une action dissolvante sur les matières miné-
les qui souvent se déposent, quand pour une cause ou pour
utre la matière organique se détruit.

Enfin la présence de l'acide carbonique modifie également
tat des sels aidant à la dissolution non-seulement des carbonates
des phosphates, mais aussi des sulfates.

En présence de cette impossibilité de donner la formule ration-
lle des eaux, il nous paraît qu'il est plus convenable d'exposer
nplement les résultats élémentaires d'une analyse d'eau, c'est-
dire les qualités de bases et d'acides; on laisse ainsi à chacun le
in d'en tirer les conséquences relatives au mode de groupement
s molécules dans le liquide; et, de cette façon, les résultats ob-
nus par différents chimistes à différentes époques deviennent
us comparables et plus utiles.

Si l'arrangement des molécules est mystérieux, il est pourtant

très-réel, et c'est évidemment à ce groupement moléculaire qu'il faut attribuer la saveur spéciale des eaux, saveur qui peut être fai-ble et qui souvent est seulement perceptible aux palais exercés.

Nous citerons, pour exemple, les sels calcaires et les sels magné-siens qui, à l'état de dilution où ils se trouvent dans une ea potable, présentent une saveur déterminée et donnent par le mélange un liquide moins sapide.

On sait que les alcalis communiquent à l'eau une saveur dou et un peu fade; cependant, quand l'eau renferme en même tem de la silice, comme dans les sources granitiques, cet effet n'est p sensible.

Les eaux sulfatées, surtout celles des terrains gypseux, ont u saveur crue et lourde, désagréable; et l'acide carbonique, surto quand l'eau renferme un peu de carbonate de chaux, leur don une saveur fraîche fort appréciée, etc.

Ces principes posés, nous procéderons à l'examen des dive composés que l'eau peut renfermer, en suivant l'ordre dans lequ on les a d'abord énumérés; nous les diviserons en trois groupe les principes solides inorganiques, les principes solides organiq et les gaz.

PREMIER GROUPE.—MATÉRIAUX SOLIDES INORGANIQUES.

On rencontre l'*alumine et le fer* en petites quantités dans les ea potables. Le fer y est accompagné de matières organiques sp ciales. Les eaux originairement ferrugineuses se dépouillent fer au contact de l'air; elles sont désagréables à boire, tant que métal n'est pas complétement éliminé.

La chaux et la magnésie existent dans les eaux à l'état de carb nate dissous dans l'acide carbonique ou combinées aux acid sulfurique, azotique ou hydrochlorique. Une petite quant de chaux, 0,02 à 0,04 par litre, avec une quantité équivale d'acide carbonique qui se trouve plus solidement retenu p le fait de la présence du carbonate qu'il ne le serait à l'état simple dissolution, paraît être une condition sinon indispe sable au moins fort utile pour la bonne qualité des eaux; et peut admettre tout au moins que les bonnes eaux renferment de la chaux dans cette proportion; ce qui, il faut le dire en passant, est contraire à cette opinion qu'une eau est d'autant meilleure qu'elle est plus pure.

On a souvent mis en doute l'influence salutaire de la magnésie; il paraît difficile d'attribuer à cette substance les inconvénients

angers que l'eau présenterait, selon certaines personnes, elle est en proportion un peu notable. De nouvelles expé- sont nécessaires pour fixer l'opinion sur ce point.

qu'il en soit, la présence de la chaux et de la magnésie en ès trop considérables a pour effet de rendre l'eau impropre ges domestiques. Une eau qui renferme trop de chaux ne e employée pour la cuisson des légumes ; elle produit rs sur la peau une impression désagréable.

pareille eau est appelée *crue*, et les eaux peuvent être clas- raison de *leur degré de crudité* (*hardness*), selon les indica- *ydrotimétriques* (tel est le nom créé par MM. Boutron et aux indications analytiques données par le procédé de qu'ils ont introduit en France en le modifiant). Il n'est s de propos de dire en quoi consiste cet ingénieux pro-

it que l'addition de l'eau de savon à l'eau donne à celle-ci riété de mousser par l'agitation ; or la présence d'un sel , qui détruit le savon alcalin pour former un savon de s'oppose à la manifestation de la mousse, laquelle n'appa- alors que le savon a été ajouté en excès. *La crudité de en raison du savon ajouté pour arriver à la mousse*; comme action du savon est équivalente et que le liquide est sus- d'être titré, les expériences peuvent être comparables les, et il est facile d'apprécier les variations dans la cru- eaux.

donner une idée de cette variation, il suffit de dire qu'elle résentée, dans les expériences de M. l'ingénieur Bel- ur des analyses d'eaux diverses, par les nombres 2 à 155. s des sources granitiques du Morvan ont donné à l'ha- rateur 2 à 11 degrés hydrotimétriques ; celles des sables ainebleau de 5 à 22, tandis que celles des terrains ter- ompris entre le dessus des calcaires de Saint-Ouen et l'ar- stique ont marqué 16 à 215 degrés, et celles des sources au d'eau des marnes vertes et des marnes de gypse va- le 23 à 155[1].

degrés diffèrent de ceux de Clarke ou degrés de *hardness* : ceux- lies par 1.4 sont transformés en degrés hydrotimétriques : la liqueur correspond à 0.81 par litre de savon décomposé pour chaque degré nétrique français.

son de très-[illegible] [illegible] [illegible] acide [illegible] acides gras C4-

La discussion des données de ce procédé analytique rend compte de l'effet produit par la présence des sels calcaires ; on comprend que si avec une eau pure il faut, par exemple, pour se laver les mains, 1, 4 de savon, il devra en falloir de 3 à 12 grammes avec les eaux plus chargées, par exemple avec les eaux des puits de Paris. (On a calculé que si ces dernières, supposées exclusivement employées, venaient à être remplacées par de l'eau pure, ce serait pour la France une économie de 1 million par an.)

De même l'action des eaux dures a son importance pour la cuisson des aliments. On a constaté qu'il faut un tiers de plus de temps pour cuire des légumes avec de l'eau à 20 qu'avec de l'eau à 4 ou 5 seulement, et on comprend que la lenteur de la cuisson ne peut que diminuer la saveur des mets en augmentant la dépense en combustible.

C'est principalement à l'état de carbonate dissous à la faveur de l'acide carbonique que la chaux existe dans les eaux. Tantôt elle s'y trouve en proportion minime et avec une quantité suffisante d'acide carbonique pour la maintenir en dissolution ; tantôt les eaux sont trop calcaires ou l'acide carbonique n'est pas assez abondant ; dans ce cas les eaux produisent un dépôt dur. Diverses circonstances provoquent d'ailleurs la formation de ce précipité, par exemple le contact de l'air atmosphérique.

Ces dépôts que forme l'eau calcaire sont le plus souvent adhérents aux vaisseaux qui la reçoivent ; on les appelle alors des incrustations. Il ne faut pas croire que ces dépôts soient formés uniquement de carbonate de chaux ; on y rencontre le plus souvent une matière organique, qui joue sans doute un rôle dans les agglomérations, comme dans la formation des calculs urinaires.

Les moyens d'améliorer de telles eaux sont nombreux : il faut ou bien éviter le contact de l'air ou mieux ajouter de l'acide carbonique, ou bien faire bouillir les eaux de manière à obtenir, quand on le veut, le dépôt des matières calcaires, ou bien encore, comme l'a proposé Clarke, *ajouter de la chaux*, qui sature l'acide carbonique en excès. (L'emploi de baryte ne saurait être approprié dans le même but, à cause des propriétés vénéneuses de cette terre et de ses sels.) Ajoutons que MM. Buff et Wertsmann ont conseillé l'emploi du silicate de soude.

De tous ces procédés, l'ébullition est celui qui donne les meilleurs résultats, lorsque, comme le fait M. Dumery, on sépare le dépôt à mesure qu'il se forme. (Voir page 171.)

Ce qui a été dit de la chaux s'applique à la magnésie ; l'impor-

tance des sels de ces deux terres nous a obligé à nous y arrêter longtemps ; ce qui nous reste à dire sur les autres matières que l'eau peut renfermer sera beaucoup moins long.

La potasse existe rarement dans les eaux naturelles ; on la rencontre particulièrement dans les eaux des puits artésiens et des terrains granitiques et feldspathiques.

La soude ne se trouve guère qu'à l'état de chlorure de sodium ; beaucoup de puits, sur les bords de la mer, fournissent des eaux saumâtres qu'on emploie, à défaut d'autres, pour les usages domestiques. La proportion de sels dans les eaux des grands fleuves est très-variable.

L'eau de mer, prise à 500 mètres du rivage, à Dieppe, contient 29,8 de sel par litre. On trouve dans l'eau de Seine, à Honfleur, de 10 à 0,3 de chlorure de sodium, et seulement 0,04 à 0,02 à Quillebeuf. Ces nombres diffèrent les uns des autres selon la force de la marée et des courants. Au-dessus de Quillebeuf, la proportion de sel diminue encore ; à Rouen, on n'en trouve plus que des traces.

L'ammoniaque n'existe dans l'eau qu'en petite quantité, si ce n'est dans les eaux qui ont été en contact avec les matières organiques en décomposition.

La silice se trouve en assez faible quantité dans les eaux ordinaires, pour qu'il n'y ait pas lieu de lui attribuer un rôle au point de vue qui nous occupe, mais elle est très-abondante dans certaines eaux de source.

L'acide sulfurique se rencontre trop souvent ; on lui attribue la mauvaise qualité de beaucoup d'eaux ; la réaction des matières organiques avec les sulfates donne naissance à des sulfures qui rendent l'eau infecte. Cette réaction des eaux sulfatées (*plâtreuses*) produit souvent de fort mauvais effets ; ainsi on doit lui attribuer la destruction des pieux enfoncés sur le bord de la Seine. On remarque, notamment sur la rive droite, des pieux coupés à la ligne d'affleurement de couches d'eaux plâtreuses qui descendent de Montmartre et se trouvent à proximité d'un égout qui déverse des matières organiques.

L'acide chlorhydrique est ordinairement plus abondant ; il accompagne souvent la soude ; quand il paraît avec la chaux, c'est en quantités minimes et sa présence ne saurait donner lieu à aucune observation générale ; il accompagne aussi la magnésie qui se trouve le plus souvent à l'état de chlorure de magnésium.

L'acide phosphorique, que l'on rencontre dans un assez grand

nombre d'eaux naturelles, a pour l'agriculture une importance énorme qui doit encourager le chimiste à le rechercher avec soin.

Les nitrates sont, au même point de vue de l'agriculture, à prendre en grande considération; jusqu'à ces derniers temps, on s'en était peu occupé; leur influence sur l'hygiène est encore peu connue. La production paraît tenir à des causes variables. On peut dire, toutefois, en termes généraux, qu'en présence de l'oxygène et des produits calcaires ou alcalins, les matières organiques azotées sont brûlées et converties en acides azotique et carbonique. On s'explique dès lors que les pluies de Paris contiennent peu de matières organiques et beaucoup de nitrates, et on en conclut que la nitrification est un des moyens naturels d'épuration des eaux.

On sait que l'ammoniaque, en s'oxydant, donne de l'acide nitrique; mais on sait également que l'acide nitrique peut être transformé en ammoniaque. Il résulte de ces faits que les porportions de l'une et l'autre substance varient dans les mêmes sources à diverses époques.

Voici quelques exemples de dosage d'ammoniaque et d'acide azotique dans les eaux :

	Milligrammes par litre.	
	Ammoniaque.	Acide azotique monohydraté.
Eau de fontaine d'Hagueneau. N° 1	0.2	9.5
Idem. N° 2	0.8	4.9
Eau filtrant du ciel des catacombes de Paris	4.6	45.1
Ruisseau des Vosges	0.4	8.0
Canal de Carpentras	1.0	4.9
Eau de la Moselle à Charmes	0.6	2.5
Fontaine près de Versailles	1.0	15.0

DEUXIÈME GROUPE. — MATÉRIAUX SOLIDES ORGANIQUES.

Nous passons sous silence les substances telles que *l'iode* et *le brôme*, dont l'influence ne peut être suffisamment étudiée, et nous arrivons à l'examen d'une dernière classe de matières solides, qui comprend les matières organiques.

Ce que l'on sait à ce sujet est malheureusement encore très borné. On peut toutefois déjà dire qu'il est important que la proportion de matières organiques soit aussi peu abondante que possible.

Lorsqu'elles sont trop chargées, les eaux laissent beaucoup à désirer sous ce rapport; elles conservent après filtration une odeur et une couleur sensibles. Celles de Paris sont les moins mauvaises; l'eau prise à Chaillot et surtout à Nanterre renferme, il est vrai, une quantité de matières organiques dont l'origine est bien faite pour répugner, et cependant le développement des animalcules y est bien plus lent que dans beaucoup d'autres, notamment dans celles de Londres.

La purification des eaux, sous le rapport des matières organiques, s'effectue par divers moyens. Le chimiste fait bouillir les eaux avant de les employer. Cette pratique est très-rationnelle, et des médecins de Londres l'ont recommandée.

La filtration, à travers des couches de sable curé et d'argile, peut également être un moyen de purifier l'eau de certaines matières organiques dissoutes, en même temps qu'elle sépare mécaniquement les corps solides tenus en suspension, et ce ne sont pas seulement les matières organiques qui sont ainsi retenues par le passage à travers les terres argileuses; les expériences de M. Weiss ont démontré l'influence absorbante de l'argile sur les sels ammoniacaux et alcalins.

TROISIÈME GROUPE.—GAZ.

Le rôle que jouent les gaz ne saurait être méconnu. *L'acide carbonique* donne à l'eau une saveur fraîche, et c'est à l'action seule de ce gaz que certaines eaux doivent leur fadeur.

Les auteurs sont d'accord pour attribuer une grande importance *à l'air* et surtout *à l'oxygène*. On a même été jusqu'à dire que les eaux privées d'oxygène, telles que celles de la fonte des neiges peuvent produire des maladies endémiques.

Les eaux de bonne qualité ne doivent contenir que les gaz acide carbonique, oxygène et azote. L'oxygène est en proportion très-variable; je l'ai vu dans une seule semaine tomber dans le lac du bois de Boulogne de 3,6 par litre à 1,8 seulement; la quantité ne doit pas descendre au-dessous de 3 ou 4 centimètres cubes par litre; plus la proportion est grande, plus, toutes choses égales d'ailleurs, l'eau est de bonne qualité. Le terme en azote est plus régulier; aussi, quand la quantité dépasse 14 à 15 centimètres cubes, il faut penser que l'eau a séjourné dans un espace confiné en contact avec les matières organiques qui ont absorbé l'oxygène.

L'acide carbonique peut être en proportion pour ainsi dire illimitée; une eau salutaire en renferme 8 à 10 centimètres cubes.

Cette proportion variable tient à la présence ou à l'absence des causes développant ce gaz, et aussi aux circonstances de la conservation de l'eau. Ainsi il est reconnu qu'une eau qui vient de recevoir de l'acide carbonique le perd plus facilement que celle qui en a été chargée depuis longtemps.

Tels sont les principes que l'on recherche dans l'eau. Chacun a son importance, qu'il importe de connaître. L'exposé que nous venons de faire démontre l'indispensable nécessité, pour toute administration prudente, de faire étudier très-attentivement les composés minéraux, les matières organiques et les gaz que renferme l'eau. Il sera toujours possible, à l'aide de l'analyse chimique, de comparer une eau proposée à une eau connue et réputée, et de faire le choix entre les eaux passables pour l'entretien de la propreté des villes et celles qui demandent des qualités toutes spéciales pour les besoins domestiques.

Cette analyse des eaux demande une grande habileté pratique et les ressources des procédés scientifiques les plus perfectionnés. Ce genre de recherches exige une habitude toute spéciale ; et autant il y a lieu d'espérer d'un travail mûr et réfléchi, autant il faut se garder des conclusions imprudentes qui seraient déduites d'analyses irréfléchies que n'accompagneraient pas l'observation et l'étude d'un grand nombre d'eaux de provenances et de qualités diverses.

II. — DE L'EAU CONSIDÉRÉE SOUS LE RAPPORT DE SES APPLICATIONS INDUSTRIELLES.

Au point de vue de l'application à l'industrie, l'eau peut être envisagée sous plusieurs aspects différents : comme *dissolvant*, lorsqu'on la destine à séparer de son mélange avec des matériaux insolubles un corps soluble qu'elle abandonne après refroidissement ou par évaporation, tel est le salpêtre qu'elle extrait des matériaux salpêtrés ; comme agent *laveur*, si elle sert à éliminer des corps solubles qui souillent un corps insoluble qu'on veut purifier : tels sont les filaments, les tissus; comme agent *intermédiaire*, dans le cas où elle a mission de transporter un principe d'un corps sur un autre, ce qui arrive dans les opérations de la teinture ; comme *principe constituant*, si elle doit faire partie de la marchandise qu'on se propose de produire, comme la bière, les eaux gazeuses ; enfin comme *source de vapeur* pour distribuer le calorique ou produire de la force.

On comprend que, pour ces différentes applications, la question de la pureté de l'eau ait une grande importance. En effet, les matières étrangères, suspendues ou dissoutes dans l'eau, peuvent rendre impure ou gâter la substance qu'on prépare, salir ou maculer celle qu'on cherche à épurer par le lavage, modifier ou ternir la couleur des tissus ou dénaturer les mordants, entraver l'évaporation et être ainsi une cause de perte de combustible ou d'altération du matériel.

On admettra en conséquence qu'il y a un grand intérêt pour les manufacturiers à connaître la nature des impuretés que présentent les eaux, ainsi que les moyens de purification appropriés à leurs besoins.

Les impuretés *ordinaires* ou *naturelles* des eaux sont des matières insolubles ou des principes solubles; les matières insolubles sont retenues par dépôt et soutirage ou par filtration, comme la marne ou les débris de tourbe; les principes solubles peuvent être neutralisés par un réactif saturant ou précipités : tels sont l'acide carbonique, l'acide sulfurique et la chaux, ou modifiés par l'action de la chaleur, qui en opère la décomposition, comme c'est le cas pour le bicarbonate de chaux.

Quelquefois elles ne peuvent être séparées entièrement que par distillation; c'est ainsi que l'eau de mer est convertie en eau douce, tandis que le sel est laissé pour résidu. Ajoutons que, dans cette circonstance, l'action de la chaleur pourra être remplacée par la soustraction du calorique, et qu'ainsi, continuant l'exemple de l'eau de mer, on obtiendra l'eau douce à l'état de cristaux de glace, le sel étant concentré dans l'eau non congelable.

Ces considérations établies, nous allons passer en revue successivement les diverses causes d'impureté de l'eau, et indiquer les moyens de dépuration applicables à chaque cas.

Certaines eaux sont souvent troubles : ce sont, par exemple, les eaux des rivières ou cours d'eau que grossissent subitement les pluies; elles se chargent de matériaux insolubles, de marne, de débris tourbeux ou de terre végétale, et ces eaux sont facilement épurées par le repos; aussi convient-il, lorsqu'on veut les employer, d'avoir un ou plusieurs bassins assez grands pour contenir la provision convenable pour le temps que l'observation a montré nécessaire au repos de l'eau courante. Ces bassins sont pour le mieux assis sur un fond perméable filtrant recouvrant le sol imperméable, en communication avec des regards, par lesquels se fait l'aspiration du liquide.

Si l'épuration doit être plus complète, on emploie les filtres proprement dits. Dans les ménages, on préfère les pierres poreuses; dans les usines, on adapte directement à la canelle qui amène l'eau des sacs remplis de poils ou de laine. Si l'on veut une filtration encore plus parfaite, on se sert de cônes de toile ou de feutres (*chausses*), ou mieux de cônes de papier sans colle, plissés ou non, garnissant un entonnoir dont la douille est munie d'un tampon de coton; on emploie aussi bien l'entonnoir seul rempli de sable, de verre pilé, de charbon animal, mais comme ces instruments ne donnent qu'un mince débit, si on veut opérer sur des quantités considérables, il convient de les amplifier. Nous donnerons, comme exemple de ces appareils opérant sur de grands volumes d'eau, celui de la Compagnie générale des eaux de Seine.

L'appareil Fonvielle se compose d'une série de filtres superposés, pouvant recevoir l'eau à volonté par la partie supérieure ou par la partie inférieure, ce qui permet d'en opérer rapidement le lavage. A, A', A'' sont des compartiments ou filtres formés de couches épuratrices d'éponges, de sable de rivière et de charbon.

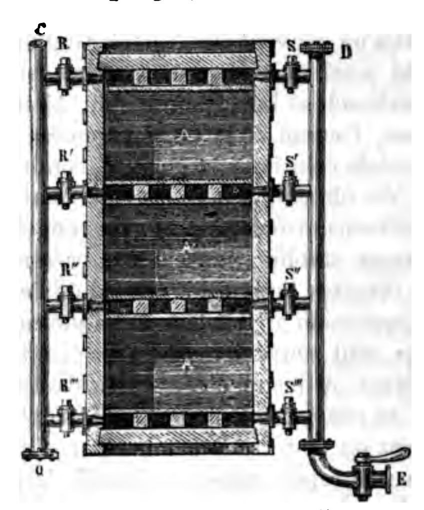


Fig. 319.—Filtre Fonvielle.

Normalement, l'appareil reçoit, par le tuyau principal CO, l'eau que distribuent les tuyaux R, R', R'' et qui s'écoule filtrée par les robinets S', S'', S''', et se rend dans le collecteur DE, d'où elle s'échappe par le robinet E.

Quand le filtre est trop chargé d'impuretés, on donne accès à l'eau par tous les robinets d'entrée et on renvoie l'eau par toutes les issues, de telle façon que les filtres sont envahis à la fois par un courant descendant et par un courant ascendant.

Ce lavage ajourne le nettoyage complet des filtres qui, pourtant, doit être fait de temps à autre. Le charbon est renouvelé toutes les semaines, les éponges et le sable sont lavés en dehors de l'appareil plusieurs fois par an.

Le filtre Souchon est formé d'une toile sur laquelle sont disposées d'abord d'épaisses étamines, puis une couche considérable de tontisse de laine. L'eau suit une marche ascendante; elle traverse la toile, les tissus de laine et s'y dépouille de ses impuretés, puis la tontisse achève l'épuration.

La filtration ne retient guère que les matières insolubles; cependant le charbon végétal enlève à l'eau certaines impuretés odorantes, et le charbon animal retient des substances colorées; mais les impuretés solubles *ordinaires* des eaux, les matières salines passent à travers les filtres quels qu'ils soient.

L'une des impuretés les plus préjudiciables est le sulfate de chaux, qu'accompagne souvent le sulfate de magnésie. Une eau contenant du sulfate de chaux, acidulée par l'acide chlorhydrique pur, est précipitée par le chlorure de baryum et par l'oxalate d'ammoniaque. Cette eau empêche la mousse du savon; et son degré d'impureté peut être apprécié par l'ingénieux procédé de D. Clarke (voy. page 159). On corrige l'eau chargée de sulfate par une addition de carbonate de soude ou de silicate de soude. Il est bon de dire que les eaux contiennent rarement le sulfate de chaux seul; le sel est le plus souvent accompagné de carbonate de chaux tenu en dissolution dans l'acide carbonique.

Cette dissolution calcaire, ce bicarbonate de chaux est une des impuretés les plus ordinaires, et cela se comprend : l'acide carbonique, dont la production est incessante, est soluble dans l'eau, et le carbonate de chaux est répandu partout dans la nature. On reconnaît la présence du bicarbonate de chaux aux caractères suivants : l'eau se trouble lorsqu'on la chauffe, exhalant de l'acide carbonique, elle laisse déposer le carbonate de chaux. Quelquefois ces eaux sont tellement chargées de carbonate de chaux, qu'elles se troublent au seul contact de l'air.

Cette propriété a donné lieu à une industrie intéressante dans le Puy-de-Dôme. On expose à l'action d'une nappe d'eau des objets que l'on veut recouvrir de carbonate de chaux : des nids

d'oiseaux, des fleurs sèches, ou bien encore des moules en creux dont on veut obtenir le relief. L'eau, tombant sur ces objets, se divise, reçoit l'impression de l'air, perd son acide carbonique excédant, et dépose sur les surfaces qu'elle touche du carbonate de chaux à l'état cristallin. Ces produits, ou comme on dit improprement ces pétrifications, rappellent, par la pureté de la matière, la finesse du grain et aussi, par la netteté des reproductions, les épreuves de la galvanoplastie.

Peu d'eaux sont incrustantes au point qu'on utilise cette propriété; beaucoup le sont assez pour que la présence des sels de chaux soit le plus souvent un grand inconvénient. A la longue, elles déposent dans les vases qui les renferment, et surtout dans ceux qui servent d'ordinaire de récipient pour entretenir l'eau bouillante, une pellicule qui s'attache aux parois et qui peut acquérir une épaisseur considérable. C'est surtout dans les bouilleurs qu'on remarque cette incrustation calcaire; elle y est souvent assez épaisse pour constituer une sorte de vase intérieur qui isole le liquide du vase métallique, présentant l'inconvénient réel d'exiger une grande dépense de combustible et le danger de causer de graves accidents, lorsque le vase de métal, isolé pour ainsi dire de l'enveloppe calcaire, a pris une température élevée, et que cette enveloppe venant à se rompre, l'eau se trouve brusquement mise au contact des parois métalliques surchauffées.

Ces incrustations calcaires n'ont pas, on le conçoit, une composition toujours identique; elles diffèrent avec la nature des eaux et pour une même eau, avec la durée de l'ébullition, et la température à laquelle l'eau se trouve soumise. (M. Coustet a indiqué, il y a une dizaine d'années, que l'eau calcaire ou séléniteuse, chauffée à 140°, laisse déposer toute la chaux qu'elle renferme. Le sulfate de chaux lui-même est insoluble à cette température.)

On doit à M. Tresca une expérience pleine d'intérêt sur ce sujet important. L'habile mécanicien a disposé un appareil formé de trois bouilleurs et d'une chaudière; les trois bouilleurs sont superposés, la chaudière est sur le plan du bouilleur supérieur; l'eau est dirigée du bouilleur inférieur à la chaudière, tandis que les fumées marchent en sens contraire. Dans ces conditions, la température de l'eau va s'élevant en passant du premier bouilleur dans le second, de celui-ci dans le troisième, et du troisième dans la chaudière. Or, il arrive que l'eau (eau de la Seine) forme dans le premier bouilleur un dépôt boueux, composé de carbonate et de sulfate de chaux, produit par la première impression de la

chaleur, qui décompose le bicarbonate et diminue la solubilité du sulfate. Le second bouilleur reçoit un dépôt déjà d'une certaine consistance, mais cependant peu adhérent, qui se compose de carbonate de chaux pour la presque totalité. On trouve dans le troisième bouilleur une matière *dure*, *solide*, *adhérente* aux parois, une vraie pierre rappelant l'albâtre et qui est du sulfate de chaux presque pur. Enfin, dans la chaudière, on rencontre encore quelque peu de dépôt sans consistance.

Il résulte de ce fait, comme donnée générale, que le sulfate de chaux formerait surtout les dépôts adhérents, tout au moins le sulfate déposé à une haute température, alors qu'un premier dépôt a enlevé la plus grande partie des composés calcaires.

Trois moyens ont été proposés pour corriger les eaux incrustantes : le premier, le plus ancien, a pour but d'empêcher le *soudage des molécules calcaires entre elles*. Le second a pour effet de modifier la nature chimique du sel de chaux; le troisième consiste à produire volontairement un dépôt par l'action de la chaleur et à l'éliminer avant d'employer l'eau ou à le recueillir lors même de sa formation dans les vases où l'eau est mise à bouillir.

Pour empêcher le soudage des molécules, on ajoute à l'eau, dans le vase même où elle doit être soumise à l'ébullition, des substances végétales, des extraits de bois tannants ou colorants, des rondins ou des copeaux de chêne, des pommes de terre, etc. Il paraîtrait que c'est le hasard qui a conduit à cette pratique, et qu'on aurait employé d'abord les pommes de terre. Je dois rappeler que longtemps avant cette découverte moderne, on s'était occupé des moyens de *faire tomber* les incrustations adhérentes aux vases métalliques employés dans le service domestique pour tenir l'eau bouillante. On lit dans Pline le naturaliste que si l'on fait bouillir des choux dans un vase incrusté on obtient un prompt nettoyage. Ce moyen, qui consiste à modifier la nature physique du dépôt (peut-être à former un composé entre le sel calcaire et la matière organique), n'est pas toujours efficace.

Plusieurs réactifs ont été proposés pour éliminer l'élément incrustant, la chaux pour saturer le bicorbonate de chaux, le carbonate de soude pour précipiter la chaux qui se trouve à l'état de sulfate; un mélange de carbonate de soude ou de soude caustique qui précipite en même temps la chaux du sulfate et du bicarbonate; le silicate de soude, recommandé par MM. Wersmann et Buff, et qui agit à lui seul de la même manière que ces deux réactifs; un mélange de chlorure de baryum et de baryte qui a pour

effet de soustraire l'acide carbonique et l'acide sulfurique, tandis que la chaux reste dans le liquide à l'état de chlorure de calcium, sel déliquescent, par conséquent très-soluble et non incrustant.

Les réactifs sont quelquefois introduits dans la chaudière; le plus souvent ils sont versés dans le liquide que contiennent de vastes réservoirs où il s'éclaircit. On a conseillé, dans ces dernières années, l'emploi du chlorhydrate d'ammoniaque ajouté directement dans la chaudière. Le choix de ce réactif serait très-judicieux si l'ammoniaque et ses sels n'avaient sur le cuivre, dont on ne peut éviter l'emploi, une action très-énergique. Le chlorhydrate d'ammoniaque, réagissant sur le carbonate de chaux, donne naissance à du chlorure de calcium et à du carbonate d'ammoniaque, sel volatil. La réaction a, comme les précédentes, pour effet de supprimer le carbonate de chaux; elle n'exige pas l'emploi de réservoirs, mais elle ne supprime pas le sulfate de chaux.

On a pensé que pour ces eaux qui sont incrustantes par la chaux, en utilisant ce fait de la précipitation des sels de chaux à l'aide de la chaleur, on éviterait toute possibilité d'incrustation, et qu'il suffirait de porter l'eau et de la maintenir à une température suffisamment élevée dans des vases annexés à la chaudière. Les dispositions proposées ont été nombreuses; elles ont souvent réussi, mais il nous paraît qu'elles sont moins avantageuses, en tout cas, que le système suivant, très-ingénieux et essentiellement pratique, de M. Duméry.

Si l'on soumet de l'eau à l'ébullition, et si, alors qu'elle bout, on jette dans cette eau des impuretés solides, on remarque que ces impuretés sont soulevées par les bulles de vapeur et portées constamment vers la surface, et il paraît évident que si on *écumait* cette eau tant que la surface porte des corps insolubles, on arriverait à obtenir de l'eau claire. Il doit en être de même des impuretés solides qui naissent dans l'eau sous l'action de la chaleur ou de l'évaporation; ces molécules terreuses qui se déposent à la longue et forment des incrustations, sont pendant longtemps ainsi soulevées dans le liquide, poussées vers la surface par les bulles de vapeur. Il en résulte que, si on les séparait du liquide à mesure qu'elles apparaissent à la surface, le liquide serait peu à peu clarifié et ne pourrait donner lieu à aucune incrustation. Tel est le but que M. Duméry s'est proposé d'atteindre.

Son appareil a pour effet de séparer incessamment la couche supérieure du liquide bouillant du restant du liquide, et de conduire cette eau *trouble* hors du bouilleur, pour l'y renvoyer

lorsque, par un repos suffisant, elle s'est dépouillée de ses impuretés (celles-ci n'étant plus soutenues par les bulles de vapeur, obéissent à leur densité et se précipitent).

La figure 320, coupe verticale, représente le récipient où se rend l'eau sortant de la chaudière; c'est dans ce récipient même qu'elle se repose avant de rentrer dans le bouilleur. Ce repos a lieu pendant le temps que l'eau chaude (plus légère), arrivant de la chaudière, met à parcourir, à la surface de l'eau moins chaude (plus lourde) du récipient, le petit labyrinthe représenté sur la coupe horizontale. La circulation se fait du point A', entrée de l'eau, au point A, renvoi de l'eau, en parcourant les sinuosités

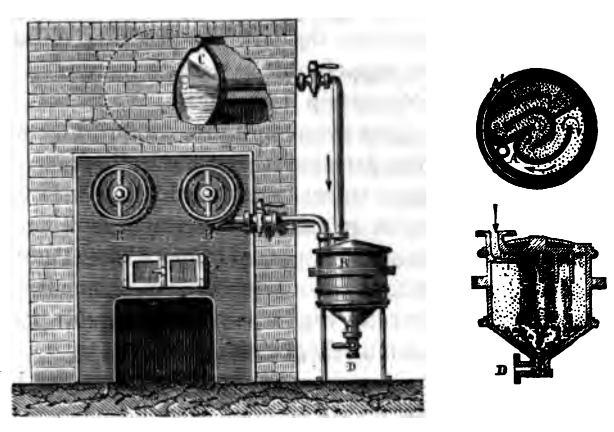


Fig. 320.—Appareil de M. Duméry pour l'épuration de l'eau dans les bouilleurs.

que la flèche indique. Ces impuretés s'amassent dans le fond du récipient; on les expulse au besoin par l'orifice D.

Cet appareil de M. Duméry fonctionne parfaitement bien, avec la plus grande régularité; l'eau sort de la chaudière par la partie supérieure en C, vient dans le récipient, y circule, s'y clarifie et retourne épurée en rentrant en B dans le bouilleur par la partie inférieure.

L'appareil fonctionne, mais comment fonctionne-t-il? M. Duméry explique ce mouvement de siphonnage continu en admettant que la formation des bulles de vapeur au sein du liquide (à la partie inférieure de la chaudière) produit, lorsque ces bulles s'élèvent, l'effet du vide; chaque bulle qui s'enlève joue le rôle d'un coup de piston, et il se fait ainsi une succion qui provoque et entretient le mouvement.

Les ingénieurs des Messageries impériales de la Méditerranée ont pensé que l'appareil Duméry pourrait être appliqué à l'eau de mer et que, peut-être, on arriverait à recueillir à la fois et la vapeur d'eau et le sel. Les expériences ont prouvé jusqu'ici que le dépôt calcaire et magnésien est éliminé avec l'eau de mer comme avec l'eau douce; et de plus on est parvenu, en retardant de plus en plus les évacuations, à les supprimer complétement, à n'avoir aucun dépôt ni calcaire ni salin, et à réaliser une économie évaluée à 20 pour 100, malgré la température supérieure à laquelle il faut entretenir l'eau saturée de sel.

Cette tentative indirecte d'exploitation de l'eau salée pour l'extraction du sel a conduit à proposer l'application du système Duméry pour la préparation de certains produits chimiques. L'opération, dans ce cas, rappellerait le tour de main bien connu de la fabrication et de l'épuration du salpêtre.

Tous les moyens que nous avons indiqués produisent une épuration relative, imparfaite dans certains cas et nulle dans certains autres, pour tous les usages autres que la production de la vapeur; d'ailleurs ils ne s'adressent qu'aux substances susceptibles d'être partiellement ou totalement précipitées. Pour purifier l'eau d'une manière réelle, nous ne connaissons que deux moyens : la réduire en vapeur et condenser cette vapeur, la faire congeler partiellement et recueillir les cristaux de glace.

Nous ne décrirons pas les appareils employés dans les laboratoires pour obtenir l'eau distillée; nous rappellerons seulement celui qui est généralement adopté pour le service de la marine.

Nous voulons parler du réfrigérant de M. Sabatier. Le vase producteur de la vapeur peut être quelconque; la vapeur peut être condensée directement; elle peut intermédiairement servir à divers emplois comme source de chaleur, principalement à chauffer les appareils culinaires, par exemple, la cuisine de M. Rocher.

Le plus souvent, l'eau que l'on se procure par condensation n'est pas destinée à être donnée comme boisson; elle sert au lavage du linge, etc.; pour cette raison, on ne s'attache pas à obtenir une eau agréable. En effet, l'eau à condenser provient de chaudières, et, lorsque celles-ci ne fonctionnent pas, on les enduit de suif, d'huile et de blanc de zinc, ce qui protége le métal, mais ne laisse pas de communiquer à l'eau une fâcheuse saveur, laquelle est plus désagréable encore lorsqu'on se sert du moyen employé par les Anglais pour modérer l'ébullition, moyen qui consiste à injecter de l'huile dans la chaudière.

Le réfrigérant du docteur Sabatier consiste dans une série de tubes, disposés dans un récipient cylindrique. Ces tubes sont ouverts à leurs deux extrémités et solidairement unis à deux plaques métalliques qui forment cloison, et ménagent ainsi, à chaque extrémité du vase cylindrique, une chambre où se ramassent, dans l'une la vapeur, dans l'autre l'eau de condensation. L'espace compris entre les deux cloisons reçoit l'eau courante qui entoure les tubes; chacun de ceux-ci est traversé dans toute sa longueur par un cylindre en tôle (rempli de poudre de charbon), qui en occupe presque toute la capacité, de sorte que la vapeur qui arrive forme dans chaque tube un cylindre creux de mince épaisseur, que l'eau extérieure, sans cesse renouvelée, refroidit et condense facilement.

Un réfrigérant Sabatier peut produire en vingt-quatre heures 7 à 8,000 litres d'eau sortant à 50°, pour une dépense de 4,000 à 4,500 kilogrammes de charbon. La ration d'eau à bord de nos navires est de 3 litres par homme et par jour.

Comme cet appareil n'admet au contact de l'eau que l'étain fin, celle-ci peut servir à l'alimentation, à la condition d'employer un appareil spécial pour la production de la vapeur et d'adopter, pour plus de sûreté, le filtre à charbon animal de M. le docteur Lefèvre.

La congélation est aussi un moyen d'épuration. L'eau *solide* est dans ce cas purifiée à la manière des sels, du sucre et de toute substance susceptible de cristalliser. On l'obtient en cristaux aussi petits que possible; ceux-ci sont égouttés et lavés méthodiquement. On peut employer pour ce lavage l'hydro-extracteur, qui sert pour l'épuration du sucre par la même méthode. Le froid est produit par la volatilisation de gaz liquéfiés, notamment de l'ammoniaque. Cette application industrielle de la belle découverte de Faraday est due à M. Carré.

L'appareil employé par l'ingénieux mécanicien peut être intermittent ou continu. L'appareil intermittent consiste en deux cylindres métalliques reliés entre eux par un tube, comme ceux de l'appareil Thilorier, pour la liquéfaction de l'acide carbonique. L'un des cylindres renferme une dissolution aqueuse d'ammoniaque, on le chauffe; l'autre est vide, on le refroidit. Le gaz ammoniaque, sous l'influence de la chaleur, quitte l'eau et se condence en liquide dans le récipient froid. La séparation du gaz étant complète, on refroidit le cylindre que l'on a chauffé, et l'on entoure de l'eau qu'on veut congeler celui qui recèle l'ammoniaque

liquéfiée. Bientôt le liquide se gazéifie, le gaz ammoniaque retourne à l'eau qui le redissout. Cette gazéification absorbe une quantité énorme de chaleur, et l'eau devient glace. (Le froid si subit, si instantané est tel, que M. Balard a pu solidifier le mercure.)

Nous avons seulement parlé jusqu'ici des impuretés naturelles des eaux; il existe des causes accidentelles d'altération qu'il est bon de faire connaître.

Ces impuretés tiennent à la nature des conduits oudes vases, et au voisinage d'usines ou de dépôts de produits.

M. Faraday et dernièrement M. Crace Calvert ont signalé le fait de la présence du plomb dans les eaux potables; ce plomb provenait des tuyaux dans lesquels cette eau avait circulé. La cause était-elle due à la nature de l'eau ou bien à la nature du métal? C'est ce que je ne saurais dire. Les deux explications sont théoriquement possibles, *à priori*. On sait en effet que l'eau distillée *attaque le plomb*, et l'on a trouvé souvent du plomb dans l'eau de fleur d'oranger du commerce; on en a même le plus souvent rencontré dans l'eau distillée des cuisines de bord, jusqu'à ce que des mesures très-rigoureuses aient été prises, sur le rapport de M. le docteur Lefèvre, directeur du service de santé, pour garantir la qualité de l'étamage. D'un autre côté, il y a des eaux qui ont une pureté très-grande, ou dont les impuretés ne s'opposent pas à l'altération du plomb, et même la facilitent.

M. Faraday a proposé, pour enlever le plomb de ces eaux accidentellement impures, d'y ajouter une très-petite quantité de carbonate de chaux. M. Lefèvre a conseillé de recourir à l'emploi du noir animal.

Parmi les causes d'impureté par infiltration, je citerai le mélange aux eaux potables d'eaux des citernes, des gazomètres, ou d'eaux des fosses d'aisance. Lorsqu'une eau est corrompue par l'une ou l'autre de ces causes, le mieux à faire est de la perdre, afin d'assainir le récipient.

On reconnaît l'eau des citernes à gaz à l'odeur prononcée des produits de distillation de la houille, et aussi à la présence de l'ammoniaque, du sulfure et des *cyanoferrures* alcalins ou terreux. Les eaux vannes sont caractérisées également par leur odeur et la présence des sulfures, des sels ammoniacaux, et quelquefois des phosphates alcalins.

Enfin une eau peut être corrompue par le séjour de matières organiques en putréfaction. L'action seule du charbon pourra souvent épurer de telles eaux. C'est ainsi qu'on a pu ramener à

l'état potable des eaux de puits ou de citernes accidentellement infectées en y immergeant des charbons en ignition. Il peut se présenter une circonstance qu'il est bon de noter. L'eau renfermée dans un réservoir peut, étant corrompue, avoir exhalé des gaz délétères qui vicient l'atmosphère limitée de ces réservoirs. Il faut se tenir en garde contre cette circonstance, et lorsqu'on veut pénétrer dans un puits ou une citerne dont on suppose l'eau corrompue, il est nécessaire d'éprouver préalablement la qualité de l'air en y faisant pénétrer une bougie allumée; si la bougie s'éteint, il convient de ventiler, et si l'on n'est pas pourvu du nécessaire pour cette opération, on peut recourir au procédé recommandé par M. de Silvestre, et qui consiste à suspendre dans la capacité un panier rempli de chaux vive et à arroser les parois de lait de chaux. L'application de ce procédé, souvent suffisante, ne doit pas, il faut bien le dire, donner une sécurité absolue. En effet, l'acide carbonique n'est pas le seul gaz irrespirable qui puisse vicier l'air, et l'oxyde de carbone pourrait bien se rencontrer dans les produits de la putréfaction. M. Boussingault, qui vient de fixer l'attention sur ce gaz, l'a signalé dans une circonstance où l'on n'aurait jamais cru à sa production régulière : lorsque les plantes, exposées sous l'influence de la lumière à l'action de l'acide carbonique, exhalent de l'oxygène. (Cet oxygène est mêlé d'oxyde de carbone et d'hydrogène protocarboné.)

Il nous reste à dire que l'eau est conservée, pour de petites quantités, dans des vases de tôle ; pour des quantités considérables, dans des réservoirs, lesquels, ainsi que le conseille M. Coste, doivent être couverts et convenablement aérés, semblables à ces réservoirs romains, « qui étaient d'immenses voûtes formées par des pierres de taille, soutenues par de longues séries d'arcades parallèles qui reposaient sur des dalles ; toutes les parties de ces constructions étaient reliées entre elles par un ciment d'une dureté plus grande que celle de la pierre, formant comme un immense monolithe creux où l'eau se maintenait dans un état de pureté parfaite et de perpétuelle fraîcheur. » (*Répertoire de Chimie appliquée*, juillet 1861.)

BARRESWIL.

EAUX MINÉRALES

I.—EAUX MINÉRALES NATURELLES.

ORIGINE ET CLASSIFICATION DES EAUX MINÉRALES.

Les eaux qu'apportent à la surface de la terre la pluie et la rosée, celles que produit la fonte des neiges et des glaciers, se séparent en deux parties bien distinctes : l'une, roulant sur le terrain même qui l'a reçue, s'écoule pour aller former les ruisseaux, les rivières et les fleuves; l'autre, pénétrant intimement la croûte terrestre, s'imbibe dans le sol, et s'écoulant peu à peu par une sorte de drainage vertical, continue sa marche descendante jusqu'à ce qu'elle rencontre soit des couches de terrain imperméable qui l'arrêtent, soit des canaux semblables à ceux qui l'ont amenée et qui, marchant en sens inverse de ceux-ci, la ramènent à la surface du sol.

Les nappes souterraines produites dans le premier cas tantôt s'arrêtent à de faibles distances et peuvent, ramenées à la surface du sol par des tranchées verticales, venir alimenter les puits de nos habitations; tantôt, au contraire, il faut aller chercher à de très-grandes profondeurs (500 à 600 mètres quelquefois) la masse liquide qui, jaillissant alors à une hauteur plus ou moins élevée, suivant l'excès de pression qu'elle supporte, constitue ces puits si précieux auxquels on a donné le nom d'*artésiens*. Dans le deuxième cas, l'eau, après s'être drainée verticalement, parvient à se frayer d'elle-même une route ascendante, analogue à celle qu'elle a parcourue dans sa descente, pour venir enfin sourdre à la surface du sol en un filet plus ou moins abondant et donner ainsi naissance aux sources naturelles.

Mais quel que soit le mode suivant lequel elles s'échappent du sol, les eaux, en parcourant les divers terrains à travers lesquels elles circulent, dissolvent nécessairement des portions plus ou moins considérables des éléments qui les constituent et avec lesquels elles sont en contact. C'est aux eaux ainsi chargées de substances étrangères que devrait s'appliquer le nom générique *d'eaux minérales*; mais, dans le langage ordinaire, cette dénomination est généralement restreinte et s'applique surtout à ces

eaux dont la richesse saline est telle que leur emploi en thérapeutique puisse exercer quelque action sur l'économie, aux eaux qui devraient, à plus juste titre, ce nous semble, être appelées *eaux médicinales.*

La nature diverse des terrains que rencontrent ces cours d'eau souterrains permet de prévoir, *à priori*, les différences extrêmes que présentent les substances qu'elles ont dissoutes. Tantôt, et c'est le cas le plus général, ces terrains sont calcaires, et grâce à la présence de l'acide carbonique qu'elles renferment, elles se chargent en carbonate de chaux; tantôt, comme pour les puits de Paris, le terrain gypseux les sature de sulfate de chaux Mais ces eaux de sources ou de puits qui se présentent si fréquemment n'ont aucun emploi en thérapeutique, et cette faveur est réservée aux eaux qui, traversant des terrains spéciaux, ont pu dissoudre des sels alcalins, des composés ferrugineux, des chlorures ou sulfates alcalins, des iodures ou des brômures, ou enfin des substances gazeuses telles que les acides carbonique et sulfhydrique.

A côté des propriétés précieuses que leur communique la présence de ces composés, s'en manifeste une non moins importante due à la température qu'elles possèdent au sortir de la terre. Chacun sait que la température de l'écorce terrestre croît à mesure que l'on s'éloigne de la surface, et que cet accroissement n'est pas moindre de 1° cent. pour chaque distance de 33 mètres. On comprend donc aisément que si les sources qui n'ont circulé que dans les couches supérieures peuvent sourdre à la température ordinaire, celles, au contraire, qui, pénétrant à de grandes profondeurs, ont pu toucher les couches à température très-élevée, se soient échauffées au contact de celles-ci et viennent s'échapper à la surface du sol avec des températures variant depuis 15 et 20° jusqu'à 100° et même au delà. Telles sont les eaux de Hammamez-Khoutine, en Algérie, dont la température atteint 95 et 97°; telles sont les eaux des geysers d'Islande, dont le degré de chaleur s'élève quelquefois jusqu'à 127°.

Les eaux minérales naturelles peuvent être classifiées de différentes manières; la meilleure, au point de vue qui nous occupe, consiste à les ranger en quatre classes d'après leur composition et leur emploi en thérapeutique. La première classe comprend les eaux acidules alcalines, dans lesquelles prédominent le bicarbonate de soude et l'acide carbonique; la seconde comprend les eaux ferrugineuses; la troisième renferme les eaux salines et

peut se subdiviser en trois sections : les eaux salées proprement dites, riches en chlorure de sodium et quelquefois en brômure et iodure ; les eaux sulfatées ou purgatives, et enfin les eaux calcaires et séléniteuses ; la quatrième classe est formée par les eaux sulfureuses, chargées en sulfures et en acide sulfhydrique. Sans doute, cette division n'est pas absolue, et il arrivera souvent que nous rencontrerons des eaux qui, rangées dans une de ces classes, n'en contiendront pas moins des substances qui eussent pu les faire ranger dans une autre ; mais nous nous efforcerons de tenir compte de l'importance relative des différents constituants, et d'ailleurs, si imparfaite qu'elle soit, cette classification est indispensable pour l'intelligence du sujet.

EAUX ACIDULES ALCALINES.

Parmi les eaux minérales, il en est peu dont la valeur et l'importance au point de vue thérapeutique soient aussi universellement reconnues que les eaux alcalines ; elles sont nombreuses d'ailleurs, tantôt froides, tantôt thermales, et doivent surtout à l'acide carbonique libre et au bicarbonate de soude leurs principales propriétés effectives. Cependant, à côté de ces éléments essentiels, on en rencontre d'autres qui peuvent ne pas être sans action ; tel est l'arsenic, par exemple, qui, découvert en minime quantité dans les eaux du Mont-Dore et de Vichy, par Thénard, a été depuis retrouvé par MM. Chevallier et Gobley dans un grand nombre d'eaux minérales. Ces eaux ont une saveur franchement alcaline, compensée souvent par la fraîcheur aigrelette de l'acide carbonique ; suivant qu'elles sont plus ou moins chargées de ce gaz, elles font ou ne font pas effervescence à l'air ; dans tous les cas, elles bleuissent le papier de tournesol, et sont assimilées par l'organisme avec une facilité telle que, quelques heures après leur ingestion, on peut retrouver dans les urines des malades des traces évidentes d'alcalinité. Leur origine semble volcanique, et les minéralogistes ont remarqué que si quelquefois elles sortent des terrains de transition, elles sont néanmoins toujours en communication avec des terrains volcaniques ; il semble donc que, chargées d'acide carbonique, elles aient réagi à une température élevée sur les feldspaths des roches granitiques, de manière à rendre soluble une partie des alcalis que celles-ci renferment. Les eaux alcalino-acidules sont nombreuses ; la France possède les plus importantes ; celles de Vals et de Vichy ont une célébrité européenne ; celles d'Ems, de Tœplitz, de Seltz, sont les plus

connues à l'étranger. Les exemples suivants suffiront à donner une idée de la composition des eaux alcalino-acidules ; cette composition est rapportée à 1 litre d'eau.

Nom de la source. Nom de l'observateur.	Vals (Ardèche). *Berthier*.	Vichy (Allier). *Longchamp*.	Ems (Nassau). *Tromsdorff*.	Tœplitz (Bohême). *Berzélius*.	Seltz (Nassau). *Henry*.
Température.	froide.	25° à 35°	23° à 55°	»	»
Acide carb. libre.	»	0lit.530	0lit.578	»	0lit.400
Bicarb. de soude.	7.154	5.163	2.06	0.489	0.999
Chlor. de sodium.	0.160	0.553	0.15	0.055	2.040
Sulfate de soude..	0.053	0.418	0.05	0.067	1.150
Phosph. de soude.	»	»	»	0.002	0.040
Sulfate de potasse.	»	»	»	0.001	0.001
Carbon. de chaux.	0.180	0.463	0.07	0.067	0.551
Carb. de magnésie.	0.125	0.086	0.07	0.037	0.209
Carb. ou oxy. de fer	0.015	0.013	»	0.003	0.030
Silice............	0.116	0.081	0.02	0.042	0.050
	7.806	6.777	2.42	0.763	4.070

Les autres sources alcalino-acidules les plus connues sont : en France, celles du Mont-Dore, de Cusset, de Saint-Galmier, de Plombières, de Pont-Gibaut, de Pougues, de Royat, de Saint-Nectaire, de Vic-sur-Cère, etc. ; à l'étranger, celles de Carlsbad, en Bohême ; de Wiesbaden, dans le duché de Nassau ; de Roisdorff, près Cologne ; d'Ilkeston, en Angleterre, etc.

EAUX FERRUGINEUSES.

C'est dans les terrains de transition que ces eaux vont presque toujours puiser les éléments qui les constituent. Là, au contact des pyrites qu'elles rencontrent, elles donnent naissance à de l'oxyde de fer qui se dissout soit dans l'acide carbonique dont les eaux se sont préalablement chargées, soit dans l'acide sulfurique provenant de la décomposition des pyrites. De là résultent deux variétés bien différentes d'eaux ferrugineuses ; les unes, franchement acidules, renferment du carbonate de protoxyde de fer dissous à la faveur d'un excès d'acide carbonique ; les autres, privées de ce gaz, sont de simples dissolutions de protosulfate de fer ; celles-ci sont moins importantes que les premières. Dans les unes comme dans les autres, mais dans les premières surtout, on rencontre en quantités notables un principe organique auquel on a donné le nom d'*acide crénique*, dont la nature est peu connue et qui paraît combiné à l'oxyde de fer.

Les eaux ferrugineuses sont, de toutes, les plus abondantes et

celles dont la nature est le plus facile à constater. La quantité d'oxyde de fer n'y est jamais très-considérable, mais elle est toujours en quantité suffisante pour donner à l'eau un goût atramentaire, et lui communiquer la propriété de noircir au contact d'une infusion de noix de galle et de donner un précipité bleu en présence du prussiate jaune de fer. Lorsque l'eau est acidule et que le carbonate de fer s'y trouve en proportion assez forte, il suffit de l'abandonner quelque temps à l'air pour voir sa surface se recouvrir de pellicules irisées et bientôt après un dépôt floconneux se déposer au sein du liquide; ces pellicules et ce dépôt sont dus à la précipitation du carbonate et du crénate de fer que l'acide carbonique seul retenait en dissolution, précipitation qui enlève naturellement à l'eau toutes ses qualités médicamenteuses. Aussi, plus que toutes autres, les eaux ferrugineuses doivent-elles être conservées dans des vases soigneusement clos et ne faut-il jamais les abandonner au contact de l'air. La dispersion des eaux ferrugineuses, en mille localités différentes, leur communique d'ailleurs les compositions les plus variables, et souvent à côté du fer viennent se placer d'autres éléments importants au point de vue thérapeutique. Un certain nombre d'entre elles, par exemple, sont en même temps alcalines et ferrugineuses, telles sont celles de Soultzmatt, de Bussang, etc. Nous donnons ci-dessous la composition de quelques eaux ferrugineuses célèbres :

Nom de la source. Nom de l'observateur.	Spa (Belgique). *Jones.*	Forges (Seine-Inf.). Source roy. *O. Henry.*	Passy (Seine). *Deyeux et Barruel.*	Cransac (Auvergne). Source douc. *Henry et Poumarède.*	Bussang (Vosges). *Barruel.*
Température.....	»	8° à 10°	froides	froides	froides
Acide carbonique.	1lit.134	0lit.250	traces	nul	abondant
Carbonate de fer..	0.088	»	»	»	0.016
Crénate de fer....	»	0.067	»	»	»
Sulfate de fer.....	»	»	1.111	0.15	»
Carbon. de chaux	0.114	0.093	»	»	0.361
Carbon. de magn.	0.120		»	»	0.180
Carbon. de soude.	0.025	»	»	»	0.770
Sulfate de magnés.	»	»	1.226	2.20	»
Sulfate de soude..	0.011	0.010	»	»	0.110
Sulfate de chaux..	»	0.020	2.343	2.43	»
Sulfate de mangan.	»	traces	»	0.14	»
Sulfate d'alumine.	0.003	»	0.406	0.47	»
Chlorure de sod..	0.130	0.017	0.358	»	0.088
Chlorure de magn.	»	0.008	»	»	»
Silice............	0.025	0.034	»	0.02	0.056
Matières organiq..	»	»	traces	0.02	»
	0.329	0.255	5.444	6.11	1.573

Les sources ferrugineuses thermales sont rares; on peut citer celles de Bourbon-l'Archambault, de Chatel-Guyon, de Rennes, etc. Parmi les sources froides les plus connues, nous rappellerons celles de Châteldon, de Pyrmont, de Saint-Pardoux, etc.

EAUX SALINES.

Les eaux réunies sous cette dénomination possèdent des compositions extrêmement différentes, et en les considérant au point de vue thérapeutique nous sommes conduit à les subdiviser en trois sections : 1° les eaux salées, qui sont les plus nombreuses, et qui, quelquefois, renferment des iodures et des brômures; 2° les eaux purgatives chargées en sulfates de soude ou de magnésie; 3° les eaux calcaires et séléniteuses.

Eaux salées.—L'origine de ces eaux est des plus simples; placées en communication avec des dépôts de sel gemme plus ou moins pur, elles enlèvent à ceux-ci les différents composés qui les forment et les mélangent aux autres substances salines qu'elles ont déjà pu dissoudre dans leur parcours souterrain. Parmi les sources salées, il en est quelques-unes dont la célébrité remonte aux temps antiques; elles sont, aujourd'hui encore, l'objet d'une grande faveur, qu'elles justifient par les qualités que leur communiquent, d'une part, les proportions de chlorure de sodium et d'autres sels qu'elles renferment; d'une autre, la température généralement élevée qu'elles possèdent. Un coup d'œil jeté sur le tableau ci-dessous permettra au lecteur de se rendre aisément compte de la composition la plus habituelle des eaux salées; nous y avons placé également l'eau de mer, que l'on peut considérer comme le type des eaux de ce genre.

Nom de la source.	Eau de mer. (Cette).	Bourbonne (H.-Marne).	Kreutznach (Prusse).	Luxeuil (H.-Saône).	Néris (Cher).
Nom de l'observateur.	*A. Laurent.*	*Desfosses.*	*Hallars-brunnen.*	*Braconnot.*	*Vauquelin.*
Température	14° à 22°	50° à 58°	16°	55°	50°
Acide carbonique.	0lit.20	»	»	»	»
Chlorur. de sodium	27.22	»	8.47	0.747	0.175
— de potassium	»	5.350	0.06	0.023	»
— de calcium..	»	»	0.36	»	»
— de magnés..	5.14	0.081	0.09	»	»
Iodure de potass..	0.01	»	0.01	»	»
Brôm. de potass..		»	0.94	»	»
Sulfate de soude..	»	0.069	»	0.146	0.313
— de chaux..	0.15	»	»	»	»
— de magnés.	7.02	0.721	»	»	»
Carbon. de soude.	»	»	»	0.035	0.367
— de chaux.	9.20	»	0.08	0.085	0.030
— de magné.		0.158	0.07	0.003	»
— de mang.	»	»	0.09	»	0.091
Alumine et fer....	»	»	0.05	0.065	»
Silice...........	»	»	0.01	»	»
Mat. organ. azotée	»	»	9.02	0.002	0.023
	40.94	6.381	10.25	1.109	1.000

Les eaux salées sont très-nombreuses; nous nous contenterons de citer, à côté de celles qui précèdent, les sources froides de Château-Salins, Dieuze, Niederbronn, Friedrichsall, etc.; et parmi les sources salées thermales, celles de Dax, de Balaruc, de Bagnères, de Bourbon-Lancy, etc.

Eaux purgatives.—Beaucoup moins nombreuses que les précédentes, celles-ci doivent, en général, aux sulfates de soude et de magnésie les propriétés qui les font rechercher. Elles sont amères au goût et présentent tous les caractères des solutions magnésiennes ou sodiques. Les minéralogistes admettent que leur formation est due à l'action des pyrites décomposées au sein de la terre, sur les roches calcaires, dolomitiques ou feldspathiques qui les entourent. Les plus célèbres sont celles de Pullna, de Sedlitz et de Seydschutz; nous en donnons ci-dessous la composition; elles sont toutes froides et renferment environ la moitié de leur volume d'acide carbonique.

Nom de la source. Nom de l'observateur.	Pullna (Bohême). *Barruel.*	Sedlitz (Bohême). *Steinmann.*	Seydschutz (Bohême). *Steinmann.*
Sulfate de magnésie	33.556	10.36	10.251
— de soude	21.889	2.27	3.530
— de potasse	»	0.57	2.986
— de chaux	1.184	0.53	0.257
Azotate de magnésie	»	»	2.535
Chlorure de sodium	3.000	»	»
— de magnésie	1.860	0.138	0.308
Carbonate de chaux	0.010	0.70	0.630
— de magnésium	0.540	0.026	0.143
— de strontiane	»	0.008	0.003
— de fer	0.001		0.015
— de manganèse	»	0.007	0.004
Silice et alumine	»		0.061
Matière organique	0.400	»	»
	62.440	15.059	20.723

Eaux calcaires et séléniteuses.—Les eaux désignées sous ces deux ıoms sont chargées, les premières, de carbonate de chaux dis-ous à la faveur de l'acide carbonique, les autres de sulfate de haux. Elles sont extrêmement nombreuses, et il n'est guère l'eau de source qui ne soit plus ou moins calcaire, de même qu'il l'est pas une eau de puits dans le bassin parisien qui ne soit sélé-ıiteuse. Elles ne sont point employées en thérapeutique; ou si lles le sont quelquefois, elles le doivent aux autres substances u'elles tiennent en dissolution, et dont le carbonate et le sulfate e chaux contrarient, en général, les effets. Bien mieux, elles ont repoussées par l'hygiène pour la boisson; les secondes, dans ous les cas; les premières, aussitôt que la proportion de carbo-ıate de chaux en dissolution dépasse une certaine limite (voy.)age 160.) C'est donc simplement dans le but de ne point laisser ncomplète cette monographie rapide des eaux minérales que ıous y faisons figurer les eaux calcaires et séléniteuses.

La proportion de calcaire, dissoute à la faveur de l'acide car-)onique, peut quelquefois être très-considérable; les eaux qui se rouvent dans ce cas sont désignées sous le nom d'*incrustantes.* Abandonnées à l'air, elles perdent peu à peu leur acide carbo-nique et laissent déposer le carbonate de chaux sous la forme de rhomboèdres microscopiques. Ceux-ci se soudent entre eux de ma-nière à former un dépôt solide, et si quelque objet a été laissé dans la solution, on le voit bientôt recouvert d'une couche adhé-rente qui en épouse exactement la forme. Tel est le mode d'action des eaux de Saint-Allyre, de Saint-Nectaire, etc.

Si le calcaire ne devient nuisible, au point de vue hygiénique, que lorsque la proportion en est considérable, le sulfate de chaux nuit dans tous les cas. Les eaux séléniteuses, en effet, sont indigestes, impropres à la cuisson des légumes et au savonnage. (*Voy.* EAUX, page 159.)

Nous donnons ci-dessous quelques exemples de composition d'eaux calcaires, et, comme spécimen d'eau fortement séléniteuse, l'analyse des eaux de puits de Paris :

EAUX CALCAIRES.			EAU SÉLÉNITEUSE.
Nom de la source. Nom de l'observateur.	St-Allyre (P.-de-Dôm.) *Girardin.*	St-Galmier *O. Henry.*	Puits de Paris. *Poggiale.*
Température........	24°	froide.	Sulfate de chaux...... 1.32
Acide carbonique...	0^{lit}.407	1^{lit}.150	Carbonate de chaux.... 0.33
Carbonate de chaux..	1.634	1.037	Chlorure de magnésium 0.30
— de magnésie..	0.385		Chlorure de sodium... } 0.42
— de soude.....	0.488	0.238	— de calcium... }
— de fer........	0 141	0.009	Silice.................. 0.02
— de strontiane.	»	0.007	Azotate alcalin......... 0.03
Sulfate de soude.....	0.289	0.079	Matière organique.... traces
— de chaux.....	»	0.180	Perte.................. 0.01
Chlorure de sodium..	1.251	0.216	2.43
Silice..............	0.390	0.036	
Azotate de magnésie.	»	0.060	
Phosphate de mangan.	»	»	
Carbonate de potasse.	0.046	»	
Crénate de fer.......	0.013	»	
Matière organique...	»	0.024	
	4.647	1.886	

EAUX SULFUREUSES.

Ces eaux, dont le nom semblerait, au premier abord, indiquer la présence de l'acide sulfureux, renferment comme éléments essentiels des sulfures alcalins et de l'hydrogène sulfuré ; elles seraient donc plus justement nommées *eaux sulfurées*. Elles peuvent se diviser en deux classes, et celles comprises dans chacune d'elles se distinguent des autres par leur origine, aussi bien que par leur composition et leurs propriétés. Différents noms ont été proposés pour ces deux classes ; mais il nous semble qu'on doit préférer ceux conseillés par M. Guibourt, qui divise les eaux sulfureuses en *primitives* et *secondaires,* suivant le terrain où elles prennent naissance.

Dans la première classe viennent se ranger les eaux qui se

orment dans les terrains primitifs, dont elles tirent leurs élé-nents, et paraissent avoir touché dans leur course des centres rolcaniques souterrains. Ces eaux sont, en général, peu chargées m matières salines : sulfures et autres ; elles ne renferment point le gaz, elles sont toujours thermales, et caractérisées surtout par 'onctuosité que leur communique une matière organique dési-gnée sous les noms de *barégine* et de *sulfuraire* ; cette matière renferme de l'azote ; elle se précipite naturellement lorsque l'eau est abandonnée au repos, et se dépose sous forme d'une gelée ormée d'une matière muqueuse non organisée.

Les eaux secondaires ont une tout autre origine ; elles pren-nent naissance dans des terrains récents et toujours gypseux, par suite de la réduction du sulfate de chaux par les matières organiques dont elle sont chargées. Telle est l'eau célèbre d'En-ghien, près Paris, qui se forme lorsque l'eau, après avoir, dans a course, traversé le banc épais de tourbe que l'on rencontre en ette localité, arrive au contact du gypse qui compose tout le errain parisien. Les eaux ainsi produites sont souvent froides, lles renferment beaucoup de matières salines, et la nature de elles-ci varie naturellement avec le chemin préalablement par-ouru ; elles sont très-riches en gaz sulfhydrique et ne contiennent amais de barégine. Du reste, les exemples suivants permettront 'apprécier la différence entre ces deux classes d'eaux sulfurées.

EAU SULFUREUSE PRIMITIVE.			EAU SULFUR. SECONDAIRE.	
Nom de la source. Nom de l'observateur.	Baréges (H.-Pyren.). *Longchamp.*	Cauterets (H.-Pyrén.). *Longchamp.*	Enghien (Seine-et-Oise). *Henry fils.*	
'empérature.........	30° à 45°	51°	Azote................	0gr017
ulfure de sodium....	0.0421	0.0194	Acide carbonique.....	0.248
ulfate de soude.....	0.0500	0.0443	— sulfhydrique...	0.018
:hlorure de sodium..	0 0400	0.0495	Sulfhydr. de magnésie	0.101
oude caustique.....	0.0051	0.0033	— de chaux...	0.016
'otasse caustique....	traces	traces	Sulfate de chaux.....	0.450
ilice..............	0.0678	0.0610	— de magnésie...	0.105
:haux.............	0.0029	0.0044	Carbon. de chaux....	0.330
lagnésie..........	0.0003	»	— de magnésie.	0.038
ammoniaque........	traces	traces	Chlorure de magnés..	0.010
3arégine...........	traces	traces	— de sodinm...	0.050
			Silice...............	0.040
	0.2082	0 1819		1.422

A côté des deux sources thermales que nous venons de citer, n trouve encore dans les Pyrénées celles de Bagnères de Lu-

chon, d'Arles, des Eaux-Bonnes, de Saint-Sauveur, du Vernet, etc.; parmi les sources secondaires des autres contrées, il faut citer comme thermales celles d'Aix en Savoie, d'Aix-la-Chapelle, de Baden (Autriche), de Bagnoles, etc., ainsi que les sources froides d'Uriage, d'Allevard, de Labassère, etc.

II.—EAUX MINÉRALES ARTIFICIELLES.

L'emploi des eaux minérales par la médecine a dès longtemps suggéré aux chimistes l'idée de reproduire par les procédés scientifiques ces liquides précieux, mais d'un prix trop élevé. Lorsque l'analyse eut appris quels étaient les éléments salins et gazeux que ces eaux renfermaient, il devint facile d'ajouter à l'eau distillée les premiers par de simples dissolutions, les seconds soit par l'emploi de machines à comprimer, soit par l'addition au liquide de réactifs capables d'engendrer au contact de l'eau les gaz qu'il fallait dissoudre.

Dès 1775, un chimiste, nommé Venel, était parvenu à produire des eaux artificielles; quelques années plus tard, Bergmann préparait des eaux factices qu'il trouvait égales et quelquefois supérieures aux eaux naturelles, et enfin Duchanois publiait en 1799 un traité sur la matière. Cependant c'est seulement vingt années plus tard que cette fabrication devint une industrie sérieuse. Fondée en premier lieu à Genève, elle fut importée, en 1799, à Paris par M. Paul, qui lui a fait faire ses premiers pas et ses premiers progrès. Son importance a crû chaque jour depuis cette époque, et dans ces dernières années surtout elle a pris un développement très-considérable.

Elle se divise aujourd'hui en deux branches bien distinctes : la fabrication des eaux minérales, gazeuses ou non ; et la fabrication d'une boisson gazeuse, dite vulgairement eau de Seltz, qui n'a rien de minéral et ne représente qu'une solution très-riche en acide carbonique. De ces deux branches, la première est peu exploitée par l'industrie, elle reste presque confinée dans le laboratoire du pharmacien, et ses procédés, basés sur de simples dissolutions, sont d'ailleurs faciles à comprendre, nous la laisserons donc de côté ; la seconde, au contraire, donne lieu à une exploitation de premier ordre ; c'est d'elle que nous nous occuperons exclusivement.

Les *Notions de chimie* apprennent que l'acide carbonique est soluble dans l'eau à volume égal sous la pression ordinaire ; elles

apprennent, en outre, que si, par un moyen quelconque, l'on augmente la pression, la solubilité augmente dans la proportion de 1 volume pour chaque atmosphère. Si donc l'on parvient à comprimer 4, 5 ou 10 volumes d'acide carbonique dans un volume d'eau, on obtiendra une liqueur qui, portée au contact de l'air, fera aussitôt effervescence, sera mousseuse, et laissera dégager tout son excès d'acide carbonique. Telle est la boisson désignée sous le nom d'eau de Seltz; quelquefois cependant, les fabricants ajoutent à cette eau une certaine quantité de sels, de manière à lui donner les qualités de l'eau de Seltz naturelle. Nous avons vu faire, entre autres, cette opération à l'établissement du Gros-Caillou, et les produits, nous devons le dire, gagnent beaucoup à cette addition.

Trois méthodes sont pratiquées journellement pour la fabrication de l'eau gazeuse : la première consiste à introduire dans une bouteille pleine d'eau des quantités déterminées de substances capables d'engendrer la quantité voulue d'acide carbonique, et à boucher ensuite hermétiquement et solidement la bouteille; la seconde consiste à comprimer dans l'eau, au moyen d'appareils spéciaux, l'acide carbonique produit isolément; la solution ainsi obtenue est mise ensuite soit dans des bouteilles, soit dans des vases, dits *siphons*, pour être livrée à la consommation; la troisième, enfin, réside dans l'emploi de petits appareils dits *gazogènes*, au moyen desquels on peut préparer sur la table de petites quantités d'eau gazeuse.

Nous ne parlerons que de ces deux derniers systèmes, en insistant naturellement davantage sur le second, seul suivi par la grande industrie; nous négligerons à dessein le premier qui, introduisant dans l'eau des réactifs quelquefois impurs, peut être d'un emploi fâcheux.

La deuxième méthode comprend deux opérations bien distinctes : la préparation de l'acide carbonique et sa dissolution par pression dans l'eau. La première est tellement simple que nous n'y insisterons pas longtemps. On la réalise en faisant réagir les acides sulfurique ou chlorhydrique sur le carbonate de chaux et quelquefois la dolomie. Le carbonate de chaux employé est, suivant les circonstances, de la craie ou du marbre; dans le premier cas, l'acide sulfurique est préférable; dans le second, c'est l'acide chlorhydrique; si l'on opère avec la dolomie, il est plus avantageux d'employer l'acide sulfurique afin d'obtenir comme résidu, à côté du sulfate de chaux insoluble, une solution de sulfate de

magnésie qui, concentrée convenablement, fournit de beaux cristaux de ce sel. Le calcaire et l'acide sont placés dans des appareils fermés, de forme quelconque; les plus usités sont des tonneaux en plomb munis d'agitateurs, et le gaz dégagé, après avoir circulé dans des vases semblables où il se lave au contact de l'eau, après avoir passé même sur des colonnes de calcaire sec destiné à arrêter les dernières traces d'acide, vient se rendre sous un gazomètre ordinaire, où les machines destinées à cet usage viennent le prendre pour le refouler dans l'eau.

Ces machines sont de plusieurs formes, offrant toutes entre elles d'assez grandes analogies; les plus usitées sont celles dites de Genève, celles de Bramah, de MM. Vernaut et Barruel, de M. Savaresse, etc. Sans entrer dans la description des détails que comportent toutes ces machines, nous nous contenterons de faire connaître celle qui nous paraît répondre le mieux au but proposé, et qu'on désigne sous le nom d'appareil de Bramah perfectionné.

Elle comprend trois éléments essentiels et distincts : la pompe, le réservoir et la machine à embouteiller. La pompe P, aspirante et foulante, mise en mouvement par le volant et la manivelle M, absorbe d'abord, d'une part, le gaz qui, arrivant du gazomètre par le tuyau A, et traversant le flacon témoin B, s'écoule ensuite dans le tuyau A'; d'une autre, par le tuyau T, l'eau renfermée dans le vase V et provenant de la fontaine F. Une clef à deux eaux, placée à la partie inférieure de la pompe, permet de faire varier l'arrivée du gaz et de l'eau, de manière à augmenter l'un ou l'autre courant suivant les besoins. Au sortir du corps de pompe où ils se mélangent, l'eau et le gaz viennent par le tuyau T' se rendre dans une vaste sphère creuse R pouvant contenir 80 litres environ, et où ils se trouvent refoulés à une pression plus ou moins forte, suivant le temps pendant lequel on fait agir la pompe P. Ce réservoir est muni d'une soupape de sûreté S et d'un niveau d'eau NN, qui s'y relie par les tubes *tt'*, de telle sorte qu'à tout moment l'opérateur peut apprécier la quantité d'eau que renferme son appareil et la pression que celle-ci supporte. Cette sphère en fonte mesure 6 centimètres d'épaisseur et est enrobée à l'intérieur d'une couche d'étain de 1 centimètre; tous les tuyaux ne supportant pas pression sont en étain, ceux qui s'y trouvent soumis sont faits de cuivre fortement étamé.

Lorsque ce réservoir R se trouve ainsi rempli d'eau gazeuse, on procède à l'embouteillage; nous supposerons que celui-ci s'exécute sur des siphons, ce qui est le cas le plus ordinaire. On ren-

verse le siphon E qui est vide, et l'on en introduit le bec *i* dans

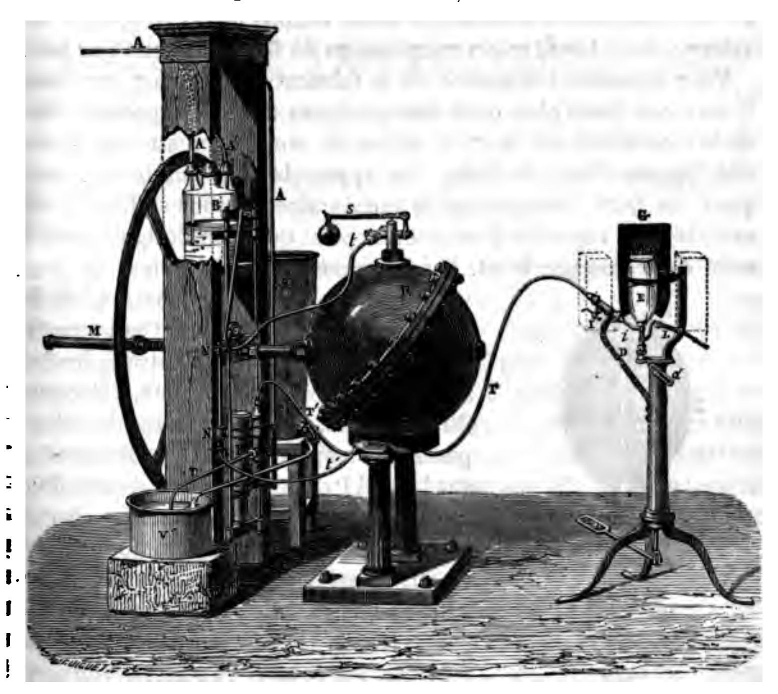


Fig. 321.—Appareil perfectionné de Bramah, pour la fabrication de l'eau de Seltz artificielle.

l'ajutage qui, terminant le tuyau T'', communique avec le réservoir. Au moyen de la pédale H on assujettit l'appareil, puis on soulève par L le levier du siphon, de manière à ouvrir celui-ci. Le gaz qu'il peut contenir encore s'échappe alors ; puis, se servant du robinet à deux eaux I, on laisse l'eau gazeuse s'élever par le tube de verre que renferme le siphon, de manière à en remplir les trois quarts. Cette première phase accomplie, on ouvre dans un autre sens le robinet I, de manière à laisser échapper la plus grande partie du gaz libre qui se trouve dans le siphon, puis on achève le remplissage.

La pression à laquelle doit être soumise l'eau dans le réservoir R varie avec le genre de vases que l'on doit charger ; pour les bouteilles simplement ficelées, cette pression ne doit point dépasser 6 à 8 atmosphères ; pour les demi-siphons, 11 à 12 ; pour les siphons elle doit atteindre 12 ou 14. La perte qui se produit pendant l'embouteillage ramène cette pression à 5 atmosphères pour

les bouteilles, à 8 ou 10 pour les siphons. Avec un appareil de 80 litres semblable à celui que nous venons de décrire, deux ouvriers peuvent suffire au remplissage de 6,000 siphons par jour.

Pour terminer cet aperçu de la fabrication des eaux gazeuses, il ne nous reste plus qu'à dire quelques mots des appareils destinés à produire sur la table même du consommateur une quantité limitée d'eau de Seltz. Ces appareils sont nombreux, mais pour en faire comprendre le mécanisme, il nous suffira de décrire le plus répandu d'entre eux, celui que l'on désigne sous le nom de seltzogène Briet. Il se compose essentiellement de deux vases ovoïdes en verre épais A et B. Le premier B destiné à recevoir l'eau gazeuse mesure à peu près 1 litre; l'autre A, destiné à produire l'acide carbonique, 250 centilitres environ. Pour faire usage de cet appareil, on sépare A et B, on renverse B sur le pied P et on le remplit d'eau; dans A, on place deux paquets : l'un d'acide tartrique, l'autre de bicarbonate de soude; on surmonte A d'un tube en étain T servant de cloison et percé de trous dans la partie H; on visse A sur B, cette partie reposant sur le pied P, puis on renverse tout l'appareil de manière à le replacer dans la position normale. L'eau s'écoule alors lentement par la partie supérieure du tube T, et tombant sur le mélange M permet aux deux substances de réagir l'une sur l'autre et de dégager leur acide carbonique. Celui-ci, passant alors par les trous de la partie H du tube T, vient se dissoudre dans l'eau et s'y comprimer rapidement par la pression que fournit son propre dégagement. Lorsqu'on veut recueillir l'eau gazeuse ainsi préparée, on ouvre le robinet R qui ne communique qu'avec la partie B, et qui, par suite, débite de l'eau pure de tout contact avec les matières qui, placées en A, ont fourni l'acide carbonique nécessaire à sa saturation.



Fig. 322. — Seltzogène Briet.

AIMÉ GIRARD.

ÉCLAIRAGE PAR LES CORPS GRAS

I.—NATURE ET ORIGINE DES CORPS GRAS EMPLOYÉS A L'ÉCLAIRAGE.

Il n'est pas nécessaire de remonter aux temps reculés de l'histoire pour apprécier convenablement les progrès accomplis par l'industrie de l'éclairage au moyen des corps gras. Il suffit, en effet, de se reporter à la fin du siècle dernier pour se trouver en présence d'un état de choses à peine différent de celui sous lequel vivaient les sociétés du moyen âge. A côté des huiles utilisées pour la combustion dans les lampes, et dont nous ne devons point nous occuper ici (Voy. *Huiles et graisses*, HUI), on ne trouve, à cette époque, pour éclairer les veillées de nos pères, que la chandelle de cire, monopole du riche, et la chandelle de suif, ressource des classes bourgeoises et aisées.

Depuis quarante ans environ, cet état de choses a subi une métamorphose complète; grâce aux travaux de la science, grâce aux faits qu'elle a révélés, une industrie nouvelle a pris naissance, qui, marchant à pas de géant, a su prendre un développement prodigieux et apporter à la civilisation un élément précieux et inattendu.

C'est aux belles recherches exécutées de 1813 à 1823, par M. Chevreul, que l'on doit faire remonter les progrès accomplis par l'industrie qui nous occupe. Jusqu'alors, en effet, la chimie ne voyait dans les graisses diverses fournies par le règne animal que des matières inertes, qu'elle ne pouvait faire rentrer dans le cadre ordinaire de ses connaissances. M. Chevreul sut démêler ce chaos, et, assignant à ces matières leur véritable rôle, démontrant que chacune d'elles pouvait se dédoubler, d'une part, en un corps gras particulier acide, peu fusible, et dont l'acide stéarique est le type, d'une autre, en ce produit liquide et sucré que Scheele avait appelé *principe doux des huiles*, et qu'il appela glycérine, il posa les premiers jalons de l'industrie stéarique.

Non content d'avoir résolu ce beau problème scientifique, M. Chevreul, secondé par le génie éminemment pratique de Gay-Lussac, voulut tenter aussi de faire pénétrer ses découvertes

dans l'industrie, et l'année 1825 vit paraître, sous le nom de MM. Chevreul et Gay-Lussac, le premier brevet relatif à la transformation des graisses neutres en corps gras durs et acides. Mais, soit que la tentative industrielle effrayât les illustres savants, soit que le procédé ne leur parût point parfait, leur brevet ne donna lieu à aucune exploitation sérieuse. A peu près à la même époque, un ingénieur des ponts et chaussées, M. Cambacérès, utilisant les découvertes de M. Chevreul, fit breveter et tenta pratiquement le traitement des graisses neutres par les alcalis et leur transformation en bougies; mais ce premier essai industriel échoua, par suite de l'imperfection des produits obtenus. Cependant les travaux de M. Cambacérès ont exercé une heureuse influence sur les premiers pas de l'industrie stéarique, et la forme de mèche qu'il avait découverte n'a pas peu contribué à rendre d'un emploi pratique et avantageux les bougies qu'elle produit.

L'honneur d'avoir rendu véritablement industrielles les découvertes de M. Chevreul appartient à MM. de Milly et Motard. C'est à eux qu'il était réservé de savoir choisir, dans les travaux qui avaient précédé les leurs, les éléments de succès, et d'industrialiser en un mot la fabrication toute française des bougies stéariques. Le choix judicieux de l'agent de saponification, la chaux, que Berthollet, à la fin du siècle dernier, Gay-Lussac et M. Chevreul, en 1825, n'avaient indiqué que d'une manière sommaire, la disposition des appareils, la détermination exacte des proportions et des températures, constituent à MM. de Milly et Motard des titres dont l'importance fut appréciée dès les premiers jours. Leurs produits, mis dans la consommation en 1831 sous le nom de *bougies de l'Étoile*, étaient dès 1834 et 1836 l'objet de hautes récompenses. Bientôt, à côté de leur établissement, d'autres usines se développaient en suivant les mêmes procédés; en 1839, neuf fabriques différentes figuraient à l'Exposition des produits de l'industrie française, et, grâce à un essor prodigieux, la production, limitée à 14,000 kil. en 1833, augmentait rapidement, pour atteindre le chiffre de 2,000,000 de kil. auquel elle s'élève aujourd'hui pour la France seulement.

Peu à peu des perfectionnements s'introduisirent dans la fabrication; les chaudières autoclaves, primitivement employées par MM. de Milly et Motard, disparurent; d'autres points de détail furent également simplifiés, et l'industrie stéarique arriva bientôt à une sorte de perfection.

Cependant un progrès nouveau devait apporter à cet état de

hoses une modification profonde et permettre d'employer, à la lace de corps gras d'un prix élevé, tels que les suifs, des graisses ommunes, des huiles de palme, de coco, etc.; nous voulons arler du procédé par saponification sulfurique et distillation.

C'est en 1843 et dans la grande usine anglaise connue sous la aison sociale *Price's patent Candle company* que ce procédé fut our la première fois appliqué industriellement. Bientôt après, MM. Masse et Tribouillet l'exploitèrent à Neuilly, près Paris; mais l possède une origine plus ancienne. Comme la saponification alcaire, il est d'origine française, et nous en retrouverons toutes es phases prévues et expliquées dans les travaux de Chaptal et les revets de MM. Chevreul, Gay-Lussac, Thénard, Fremy et Durunfaut. Aujourd'hui ce procédé, qu'aucun brevet ne protége lus, est avantageusement exploité par un grand nombre d'usines ui l'utilisent pour transformer en bougies l'huile de palme et les raisses communes.

Un autre mode de saponification est venu, dans ces dernières nnées, se placer à côté des deux méthodes qui précèdent. Préconisé pour la première fois par M. Tilghman, il est basé sur la écomposition des graisses neutres en acides gras et glycérine par 'action de l'eau seule sous pression. Ce système de saponification st encore à l'étude en ce moment, et il serait difficile de préuger dès à présent sa valeur.

Enfin M. de Milly, réunissant, dans une modification heueuse, les avantages de cette méthode et ceux de la saponification alcaire, a récemment ramené sa fabrication à l'emploi de l'autolave, en diminuant notablement les proportions de chaux, et, ar suite, d'acide sulfurique nécessaire.

Cependant, malgré ces progrès si brillants et si rapides, la ougie n'a pas encore remplacé complétement la chandelle de suif; a fabrication de ce dernier produit s'est d'ailleurs perfectionnée l'une manière notable; aujourd'hui, le suif qu'elle emploie est resque toujours dur, peu odorant et d'une grande blancheur.

La production de la bougie de cire est, depuis le commencenent de ce siècle, restée sensiblement stationnaire; mais à côté le cette bougie diaphane sont venus se placer deux nouveaux roduits d'un haut intérêt : la bougie de blanc de baleine ou de permacéti, et la bougie de paraffine, sur laquelle nous ne devons pas négliger de fixer notre attention.

En résumé, la grande fabrication des produits gras solides destinés à l'éclairage comprend aujourd'hui quatre branches dis-

tinctes : 1° les chandelles ordinaires et celles de suif durci, de stéarine pressée, etc.; 2° les bougies stéariques et palmitiques, auxquelles se rattachent les bougies mixtes; 3° les bougies de cire; 4° celles de blanc de baleine et de paraffine. Nous examinerons successivement ces quatre branches d'industrie.

II.—FABRICATION DES CHANDELLES.

PRINCIPE DE LA FABRICATION.

A l'exception de quelques cas très-rares, la graisse des herbivores (bœuf, mouton, porc) est exclusivement employée à la fabrication des chandelles. Cette graisse, détachée aux abattoirs, est livrée aux fabricants sous le nom de *suif en branches*. La matière grasse s'y trouve renfermée dans une multitude de petites cellules, qui elles-mêmes sont enveloppées dans des membranes plus ou moins résistantes. Aussi la première et la plus importante des opérations que nous ayons à examiner a-t-elle pour but la séparation de la matière grasse et du tissu membraneux. C'est sous l'influence de la chaleur que s'opère cette séparation ; elle est facilitée, dans la plupart des cas, par la présence d'agents chimiques acides ou alcalins, et l'on distingue trois manières différentes d'opérer ou de *fontes :* celle par la chaleur seule, dite *aux cretons*; celle à *l'acide* et celle à *l'alcali.*

Les matières employées pour ces opérations présentent entre elles certaines différences qu'il est bon de noter : le suif de bœuf est jaunâtre, doué d'une odeur particulière, dur et cassant; il fond à 37 degrés centigrades et renferme 65 pour 100 environ de stéarine cristallisable et fusible de 43 à 44 degrés. Le suif de mouton est plus dur que le précédent, sa couleur est blanche, il est plus odorant et rancit avec plus de facilité que celui de bœuf; mais il est moins fusible et reste solide jusque vers 40 degrés environ. L'axonge, ou suif de porc, que l'on n'emploie que rarement et après en avoir enlevé l'oléine ou *huile de lard,* fond à 28 degrés et ne renferme guère que 38 pour 100 de matière solide.

Différents systèmes ont été, comme nous le verrons bientôt, proposés pour transformer ces matières en produits moins fusibles ; les uns reposent sur la séparation par la presse de la partie solide du suif, les autres sur l'emploi de divers agents chimiques; mais, il faut le reconnaître, ces systèmes sont peu appliqués, et l'on ne connaît guère aujourd'hui que la chandelle de suif natu-

rel; celle dite *perfectionnée* est faite de suif de mouton pur, tandis que le produit ordinaire est fait de suifs mélangés.

La fonte des suifs est, du reste, la seule opération qui, dans cette fabrication, doive préoccuper le chimiste ; lorsqu'en effet la matière a été amenée à l'état de fusion, il ne reste plus qu'à la transformer par le moulage en chandelles cylindriques. Deux méthodes différentes peuvent être employées dans ce but : le moulage dit *à la baguette* et le moulage dans les *moules métalliques*.

FONTE DES SUIFS.

Fonte aux cretons. — Ce procédé tire son nom du résidu qu'il produit ; il consiste à soumettre à l'action de la chaleur le suif en branches, de manière à en déchirer les cellules et à presser la matière ainsi déchirée ; sous l'action de la presse, la graisse chaude s'écoule, les membranes restent comme résidu et constituent les *cretons*. Voici comment l'opération est généralement conduite : le fondeur ou le fabricant de chandelles, si son usine comporte un *fondoir,* reçoit de l'abattoir le suif en branches ; il commence par le faire dépecer en petits fragments. Dans ce but, un ouvrier se place devant une table, sorte d'étal, sur laquelle un large couteau de boulanger se trouve fixé par l'une de ses extrémités au moyen d'un piton, tandis qu'à l'autre bout il est muni d'un manche en bois. De la main droite, l'ouvrier manœuvre la partie antérieure du couteau et l'abaissant par un mouvement rapide, tandis que la partie opposée reste fixée à la table par le piton, il coupe le suif qu'il lui présente de la main gauche ; les fragments, jetés dans une manne, sont ensuite portés à la chaudière.

Celle-ci est en cuivre, hémisphérique, et mesure généralement 1 mètre de diamètre sur 70 cent. de profondeur ; elle est complètement encastrée dans une maçonnerie, sauf le fond, au-dessous duquel circule la flamme d'un foyer. Cette disposition spéciale est nécessaire pour éviter que la flamme, en s'élevant le long des parois extérieures, ne vienne carboniser les portions de matière qui peuvent s'attacher contre les bords intérieurs. Le foyer est, d'ailleurs, isolé de la chaudière par une cloison, de manière à éloigner toutes chances d'incendie, et le fourneau enfin est entouré de degrés sur lesquels l'ouvrier se place pour pouvoir travailler aisément la matière.

Pour fondre le suif, on commence par remplir la chaudière de suif en branches fraîchement découpé, sans lui laisser le temps

d'entrer en putréfaction, puis on allume le feu. Sous l'influence de la chaleur, les membranes se contractent. Grâce à cette pression naturelle, la graisse s'écoule et vient couvrir le fond de la chaudière. Armé d'une spatule en bois, un ouvrier active cette séparation en écrasant les membranes contre les bords. Cela fait, on charge de nouveau, et l'on continue l'addition du suif jusqu'à ce que la chaudière se trouve aux deux tiers remplie de matière fondue mélangée de membranes racornies par le feu. On puise alors la graisse avec une large poche et on la coule dans des poêles en cuivre, ou dans de grands bacs en bois doublés de plomb, suivant l'importance de la fabrication. Pendant ce transvasement, on fait subir à la matière une filtration destinée à séparer le suif fondu des membranes. Dans ce but, on place, au-dessus des poêles ou des bacs, des paniers d'osier ou mieux de cuivre perforé, désignés sous le nom de *banattes,* et dans lesquels on verse directement le suif au sortir de la chaudière. Lorsque le produit ainsi filtré est sur le point de se figer, on le coule dans de petits baquets en bois ayant la forme de troncs de cône, désignés sous le nom de *tinnes,* et renfermant 24 kilogr. environ ; les blocs formés par la solidification dans ces tinnes sont connus à Paris sous le nom de *suif de place.* Si le suif doit être expédié au loin, on le coule simplement dans des fûts ; c'est en cet état qu'arrivent les suifs de Russie, etc.

Les membranes restées dans la banatte renferment encore une grande quantité de graisse ; pour recueillir celle-ci, on refond d'abord la matière, puis on passe à la presse le deuxième résidu ainsi obtenu. Sous l'influence de la pression, la graisse s'écoule; quelquefois on favorise cette opération en disposant le seau de la presse de telle sorte qu'il puisse recevoir un tuyau de vapeur, et il reste finalement une matière animale membraneuse, qui, sous le nom de *boulée* ou de *cretons*, est donnée en nourriture aux volailles, aux chiens et aux porcs.

Ce procédé présente de graves inconvénients : d'une part, en effet, l'action directe du feu communique souvent au suif une coloration fâcheuse ; d'une autre, une quantité notable, 20 pour 100 environ, de graisse se trouve à peu près perdue dans le pain de creton. C'est pour remédier à ce dernier inconvénient que les chimistes ont imaginé, comme nous le verrons bientôt, de traiter à une température relativement peu élevée le suif par divers agents acides ou alcalins. Quant au premier, on a proposé d'y parer de différentes manières. En 1827, le conseil de salubrité de

la ville de Nantes, pensant que la coloration du suif était due surtout à l'action du feu sur les membranes accumulées au fond de la chaudière, a conseillé d'ajouter à celle-ci un double fond percé de trous, destiné à retenir les portions non fusibles et à permettre au suif seul de couvrir le fond de l'appareil. Souvent (et dès 1808, Delunel), on a essayé de fondre le suif au bain-marie, à 90 ou 100 degrés; on obtient de cette façon un produit fort beau, mais le rendement devient trop faible, les cretons retenant beaucoup de matière grasse. Enfin, en 1823, Appert a proposé de fondre le suif dans un autoclave renfermant un tiers d'eau pour deux tiers de suif, et portant à la température de 115 degrés environ pendant une heure.

En Amérique, d'après M. Morfit, on a heureusement résolu ce problème en fondant le suif sous pression, au contact non plus de l'eau, mais de la vapeur. On emploie pour cela un grand cylindre vertical en tôle rivée de 3 mètres de hauteur sur 1 mètre de diamètre environ; sur le fond de ce cylindre s'étale un serpentin de vapeur, tandis qu'à une faible distance, un faux fond percé de trous supporte toute la matière grasse qu'on y a accumulée. On chauffe pendant quinze heures environ à une température correspondant à la pression de 3 kil. par cent. carré environ (50 livres par pouce carré); au bout de ce temps, on arrête la vapeur, et l'on retrouve dans le cylindre trois couches distinctes : l'eau en dessous, le suif en dessus, et les membranes au milieu, arrêtées sur le faux fond. Au moyen de robinets placés à différentes hauteurs, on recueille le corps gras, puis on enlève les membranes, que l'on presse à la manière ordinaire, mais qui, sous l'influence de la première pression fournie par la vapeur, se sont débarrassées de la plus grande partie de la matière grasse qu'elles renfermaient.

Fonte à l'acide. — Les inconvénients de la fonte aux cretons sont nombreux; à côté de ceux que nous avons déjà signalés, il faut, au premier rang, placer l'odeur infecte que dégage le suif pendant cette opération, et qui constitue pour les habitants voisins des fondoirs une véritable souffrance et même un danger hygiénique. Frappés de tous ces inconvénients, les chimistes se sont préoccupés, depuis le commencement de ce siècle, de rechercher les moyens de les combattre; mais c'est à d'Arcet qu'appartient l'honneur d'avoir résolu le problème. Le procédé que ce savant a fait connaître vers 1820 est basé sur ce fait, qu'au contact de l'acide sulfurique étendu et chaud, les membranes ani-

males se dissolvent, tandis que la graisse, placée dans les mêmes conditions, ne s'altère en aucune façon. Si donc, ainsi que l'a conseillé d'Arcet, on soumet, pendant un temps convenable, le suif en branches à l'action de l'eau acidulée par l'acide sulfurique, il est évident que, par suite de la dissolution des membranes, la graisse se séparera pour venir former une couche pure et bien nette au-dessus du liquide.

Tel est, en effet, le procédé que suivent aujourd'hui les établissements les mieux montés. L'opération est conduite de la manière suivante : dans une vaste chaudière en cuivre, formée d'un cylindre vertical, terminé par deux calottes sphériques, on projette 1,000 kil. de suif en branches, que l'on arrose avec 10 kil. d'acide sulfurique, étendu dans une quantité d'eau variable de 200 à 500 litres, suivant la qualité du suif; on ferme hermétiquement, puis, au moyen d'un serpentin de vapeur pénétrant dans la chaudière, on maintient le tout à la température de l'ébullition pendant plusieurs heures. Souvent même, profitant de l'épaisseur de la chaudière et de sa fermeture hermétique, on élève la température à 105 ou 110 degrés. Dans ces circonstances, les membranes se dissolvent, le suif se sépare et vient former une couche à la partie supérieure, tandis qu'à la partie inférieure du liquide aqueux se dépose une très-faible quantité de chairs plus ou moins altérées. On décante le suif fondu au moyen d'un robinet latéral communiquant avec un tube à genouillère, dont l'extrémité est munie d'un flotteur calculé de telle sorte qu'il se maintienne toujours à la séparation des deux couches liquides; de là, on le conduit, un moyen de tuyaux en cuivre, aux refroidissoirs, vastes cuves de 2 ou 3 mètres cubes, en bois doublé de plomb; puis enfin, lorsqu'il est prêt à se solidifier, on le verse dans les tinnes. Quant à la *boulée*, elle est entraînée avec l'eau acide au moyen d'un tuyau de décharge placé à la partie inférieure; la proportion en est faible du reste, et l'acide sulfurique qu'elle retient toujours la rend impropre à l'alimentation des animaux.

Grâce au procédé de fonte à l'acide, on obtient aujourd'hui des suifs toujours blancs et peu odorants; l'opération est parfaitement salubre, et le rendement s'élève toujours de 84 à 85 pour 100 de la matière première, tandis que la fonte aux cretons n'en fournit guère que 80 pour 100.

Fonte à l'alcali. — Le procédé suivant a été imaginé, il y a quelques années (1850), par M. Evrard, ingénieur civil. Il est basé sur un principe ingénieux et rationnel, et consiste à soumettre le

suif en branches à l'action d'un alcali étendu, qui gonfle ou dissout les membranes sans agir sur la matière grasse. Dans une chaudière cylindrique en tôle, on introduit 150 kil. de suif, 400 à 500 grammes de sel de soude préalablement caustifié par la chaux et 100 litres d'eau. Au moyen d'un serpentin de vapeur, on chauffe à l'ébullition; l'action de l'alcali se fait bientôt sentir, le tissu se gonfle, se dissout partiellement, la graisse se sépare et vient former à la partie supérieure une couche que l'on enlève à la manière ordinaire. Ce procédé fournit des produits très-beaux, d'une blancheur parfaite, complétement dénués d'odeur rance, grâce à la saturation des acides odorants par les alcalis; il permet de substituer la tôle au cuivre dans la construction des appareils; en un mot, il présente de grands avantages; cependant, il est peu employé, sans doute à cause de la faiblesse du rendement, ajoutée à la perte des cretons qui, dans ce système comme dans celui où l'on emploie l'acide, ne peuvent être employés que par l'agriculture.

MÉTHODES DIVERSES PROPOSÉES POUR LE DURCISSEMENT DES SUIFS.

Le suif et les corps gras en général doivent, ainsi que l'ont appris les *Notions de chimie*, leur facile fusibilité à ce fait qu'ils ne sont que des mélanges de différentes substances, les unes solides comme la stéarine et la margarine, les autres liquides comme l'oléine. Tantôt les unes prédominent, et le corps gras est peu fusible; tantôt, au contraire, la proportion d'oléine augmente, et la matière est molle, fusible, onctueuse au toucher. C'est à cette fusibilité du suif qu'il faut rapporter la plupart des inconvénients que présentent les chandelles; sous l'influence de la combustion qui a lieu autour de la mèche, le suif fond, coule et se répand sur les objets environnants, ou, s'il parvient à s'élever, ne rencontrant pas une quantité d'air suffisante pour être brûlé complétement, il donne naissance à des produits charbonneux qui font, suivant l'expression vulgaire, *fumer* la chandelle. Aussi, avant même que la fabrication des bougies stéariques eût vu le jour, divers auteurs s'étaient-ils efforcé de transformer le suif en une matière plus dure et moins fusible.

Stéarine pressée. — Le moyen le plus simple qui s'offre à l'esprit est celui qui consiste à séparer par la pression la matière liquide ou oléine. W. Boltz, en Angleterre, s'est, le premier, occupé de ce sujet. Braconnot, en France, suivit plus tard son exemple, et réussit, en 1826, en opérant de la manière suivante. Le suif fondu

était mélangé par lui avec une petite quantité d'une huile volatile, d'essence de térébenthine, par exemple; la masse pâteuse fournie par le refroidissement était soumise à une pression modérée, qui entraînait au dehors l'oléine dissoute par l'essence, et laissait un résidu solide et dur de stéarine, qu'il suffisait de faire bouillir avec de l'eau pour lui enlever l'odeur de l'essence.

Aujourd'hui, l'on obtient des chandelles supérieures aux produits ordinaires et moins fusibles que ceux-ci, en pressant simplement, d'après le système préconisé par W. Boltz, le suif lentement refroidi et constamment agité pendant sa cristallisation. La matière ainsi obtenue, ou *stéarine pressée*, donne des produits fort beaux, mais dont la fabrication est très-limitée, à cause de la difficulté que présente dans le commerce le placement de l'huile de suif.

Suif durci. — Les recettes en usage pour obtenir un prétendu durcissement du suif sont excessivement nombreuses, mais elles paraissent, *à priori*, bien peu efficaces. La plupart consistent à ajouter au suif fondu différentes substances, telles que l'eau de chaux, l'alun, la crème de tartre, le borax, etc.

Mais, à côté de ces recettes, il est un procédé véritable, souvent essayé dans le même but, et qui doit fixer notre attention. On sait que l'oléine liquide, soumise à l'action de l'acide nitrique, ou mieux des vapeurs nitreuses, se transforme en un corps gras solide, par suite moins fusible qu'elle, et que la chimie désigne sous le nom d'*élaïdine*. On conçoit dès lors qu'il soit possible d'améliorer la qualité du suif et de lui enlever une partie de sa fusibilité, en le traitant par le même procédé. Le premier qui se soit occupé de cette question avec succès paraît être M. Hérard, en Angleterre. Son procédé consistait à ajouter au suif fondu de 4 à 60 grammes d'acide azotique (D=1,500) par kilogramme de matière plus ou moins dure; à maintenir le tout à une température peu élevée, à laver à l'eau aussitôt qu'une teinte orangée se manifestait, puis à presser. Depuis ces premiers travaux, de nombreuses tentatives ont été faites pour rendre industrielle la transformation de l'oléine en élaïdine par les mêmes moyens; malheureusement elles ont toutes échoué. Cependant, ce problème ne paraît pas insoluble; une étude plus approfondie de la question conduira sans doute à sa solution, et l'insuccès n'est peut-être dû qu'à un mode d'opérer défectueux. A l'appui de cette opinion, nous ne pouvons négliger de citer les expériences par lesquelles M. Boutigny a montré, il y a quelques années, la supé-

riorité des résultats obtenus, en substituant à l'acide nitrique, ou aux vapeurs nitreuses ordinaires, de l'acide hyponitrique pur, qu'il prépare en faisant réagir l'acide nitrique sur une matière organique, et lavant ensuite les produits volatils dans l'acide sulfurique chaud, destiné à détruire les dernières traces d'acide nitrique.

MOULAGE DES CHANDELLES.

Cette opération consiste à entourer de suif une mèche formée de fils de coton tordus; on l'exécute de deux manières différentes: tantôt, ainsi que cela se pratique encore dans quelques provinces, on plonge la mèche à plusieurs reprises dans le suif fondu, c'est la *fabrication à la baguette*; tantôt au contraire, comme dans les grandes villes, on remplit de suif, au moyen d'appareils plus ou moins perfectionnés, des moules en étain, au milieu desquels la mèche se trouve maintenue d'une manière rigide; c'est le *moulage* proprement dit.

Fabrication à la baguette. — Les blocs de suif sont d'abord refondus soigneusement sur une petite quantité d'eau, puis portés à l'ouvrier chargé de *plonger* les chandelles. Devant celui-ci est disposée une auge prismatique, plus large à la partie supérieure qu'à l'inférieure, et mesurant environ 1 mètre de longueur sur 65 centimètres de profondeur; on remplit cette auge de suif et on a soin de l'y maintenir à une température telle, qu'une légère et mince solidification apparaisse sur les bords. D'un autre côté, l'ouvrier prépare des baguettes de bois de 80 centimètres de longueur environ, sur lesquelles il attache et laisse pendre verticalement des mèches espacées de 10 centimètres. Après avoir ainsi préparé un certain nombre de baguettes, il les plonge, deux par deux, ou trois par trois, suivant son habileté, dans le suif fondu. Grâce à la température bien calculée que celui-ci possède, les mèches s'allongent dans ce bain en gardant leurs positions respectives, et lorsqu'ensuite il les retire, chacune d'elles est entièrement imbibée de suif; l'ouvrier les porte alors à l'*égouttoir*, où le suif ne tarde pas à se figer. Ce résultat obtenu, il les reprend, les plonge une deuxième fois, de manière à revêtir d'une deuxième couche la mèche qui est déjà bien imprégnée. Lorsque cette deuxième couche est solidifiée à son tour, il les reporte à l'auge et renouvelle ainsi de suite ses *plongées*, jusqu'à ce que, par la superposition de ces couches successives, la chandelle ait atteint la grosseur voulue. A la portée de sa main se trouve un calibre

formé d'une planchette de bois percée de trous dont la dimension représente exactement le diamètre qu'il doit donner à la chandelle. De temps en temps il fait passer celle-ci par le trou du calibre, et il arrête enfin ses plongées lorsque la chandelle ne glisse plus qu'avec difficulté. Il ne lui reste plus ensuite qu'à former le bout effilé de la chandelle, ce à quoi il parvient en l'enfonçant une dernière fois, de manière à imbiber la mèche au-dessus du point où jusque-là il s'était arrêté, et à couper l'extrémité inférieure, de manière à enlever le suif dépassant la mèche, ce qu'il fait au moyen d'une plaque chauffée à une température plus élevée que celle de la fusion de la matière.

Ce mode de fabrication peut être rendu plus rapide et plus économique, en substituant la plongée mécanique à la plongée à la main. Dans ce but, on emploie des sortes de bancs horizontaux, portant dix ou douze châssis, sur chacun desquels s'étalent dix baguettes de dix bougies chacune ; au moyen d'une corde et d'une poulie, chacun de ces châssis peut s'élever ou s'abaisser, de telle sorte que l'ouvrier, après avoir plongé les cent chandelles qu'il porte, les relève, transporte son auge qui, dans ce but, est disposée sur des roulettes, au-dessous du châssis le plus proche, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'il revienne aux chandelles de sa première opération qui, pendant ce temps, ont eu le temps de se solidifier.

Quelquefois aussi des châssis semblables sont disposés à l'extrémité d'un manége tournant, et viennent successivement se présenter devant l'ouvrier, qui ne quitte pas l'auge auprès de laquelle il est placé, et dans laquelle il plonge les chandelles au fur et à mesure qu'elles arrivent à sa portée.

Moulage des chandelles. — Les moules dans lesquels a lieu la coulée du suif fondu sont en étain et formés de deux parties, la *tige* et le *culot ;* la première offre la forme du corps de la chandelle, elle est, comme celle-ci, pointue à son extrémité ; la seconde est évasée sous forme d'entonnoir, comme on le voit en C de la fig. 323. La tige est, à son extrémité, percée d'un trou que la mèche doit remplir, et le culot est muni d'un petit crochet horizontal en fer qui s'avance exactement jusqu'en son milieu, de telle sorte que l'extrémité du crochet d'une part, le trou inférieur d'une autre, représentent exactement l'axe de la chandelle, c'est-à-dire la place que la mèche doit occuper. C'est en ce point, en effet, que la mèche est placée ; retenue à la partie supérieure par le crochet en fer, elle est fortement tirée par la partie inférieure, qu'elle

dépasse et où elle est serrée par un petit taquet en bois, de manière à rester complétement rigide. Lorsque les mèches sont ainsi placées, les moules sont enfilés dans de fortes tables de chêne, puis on les remplit de suif porté à une température bien déterminée. Si, en effet, le produit se trouvait trop chaud, il adhérerait au moule après sa solidification; s'il était trop froid, la solidification trop rapide amènerait des taches à la surface. Les moules sont, en général, remplis un à un, au moyen d'une sorte de burette, puis on les abandonne à eux-mêmes jusqu'à ce que la matière soit absolument refroidie; on les enlève alors, et l'on retire le culot qui entraîne la chandelle hors du moule si l'opération a été bien conduite, et si le produit est bien *de dépouille*; il ne reste plus ensuite qu'à couper le bout de la chandelle, de manière à la séparer de la matière en excès qui remplit le culot.

Quelque expéditive que soit cette méthode de coulage, on a cherché à la rendre plus rapide encore, en opérant sur plusieurs moules à la fois. Le système suivant est employé avec un grand succès par MM. Leroy et Durand, à Paris; il permet de remplir six moules d'un seul coup, et avec une extrême rapidité. Les moules sont disposés en deux rangées de six sur de fortes tables en chêne O; chacun des bords de cette table porte une bande de fer jouant le rôle de rails, sur lesquels vient rouler, au moyen des



Fig. 323.—Moulage rapide des chandelles.

galets R, une caisse prismatique en tôle remplie de suif fondu. Le fond de cette caisse porte six trous correspondant à chacun des six moules d'une rangée. Ces trous sont, à l'état de repos, bouchés par des bouchons en métal, fixés sur un système de châssis que la tige T, mise en mouvement par la bascule H, peut soulever aisément. Pour faire usage de cet appareil, la cuve contenant la quantité de suif nécessaire pour la moitié d'une table,

on l'amène au-dessus de la première rangée de moules; au moyen de M, on soulève les bouchons, et le suif s'écoule dans les six moules C placés au-dessous; lorsque ceux-ci sont pleins, on fait rouler vivement la cuve jusqu'à la rangée suivante, que l'on remplit de même, et ainsi de suite. L'opération est, par ce moyen, d'une rapidité extraordinaire.

En Angleterre, on emploie une machine construite par M. Morgan, dont le principe est inverse du précédent, et paraît, *à priori*, moins avantageux. Le suif fondu est enfermé de même dans une caisse percée de trous et portant une bascule: mais cette caisse est fixe, et ce sont les moules qui, portés sur des châssis roulants au nombre de quinze ou vingt, se présentent successivement sous la caisse pour être remplis. Il nous semble que, dans ce cas, la main-d'œuvre doit être plus considérable que dans le premier.

On peut aussi modifier le système ordinaire, en enchâssant la tige des moules dans deux bancs fixes horizontaux, et fixant le culot dans un troisième banc placé au-dessus et mobile. Pour la coulée, on amène le culot au contact de la tige; puis, lorsqu'on veut démouler, il suffit de relever le banc supérieur pour que le culot, en remontant, entraîne la chandelle avec lui.

Blanchiment. — Le suif est quelquefois jaunâtre, et il n'est pas rare de voir, surtout si l'on a employé de la graisse de bœuf, cette coloration se communiquer aux produits. On a proposé, pour parer à ce défaut, de traiter le suif fondu par une petite quantité de chlorure de chaux, de bichromate de potasse, d'acide azotique, de permanganate de potasse, etc.; on a conseillé d'y injecter de l'air, etc.; mais l'exposition à la lumière est de tous ces moyens le plus sûr et le plus simple; pour le mettre à exécution, on porte les chandelles sur des bancs horizontaux, surmontés de grillages en fils de fer, à travers lesquels on les enfile; en peu de temps, si les circonstances atmosphériques sont convenables, le suif se trouve décoloré. Malheureusement, ce procédé est souvent inapplicable; lorsqu'en effet la température devient un peu élevée, la graisse se ramollit et devient apte à se recouvrir, par adhérence, de toutes les poussières que soulève le vent.

III. — BOUGIES STÉARIQUES.

PRINCIPES DE LA FABRICATION DES BOUGIES STÉARIQUES.

Les graisses, que jusqu'ici nous avons utilisées dans leur état naturel, et sans nous préoccuper de leur composition chimique, sont, ainsi que l'ont montré les travaux de M. Chevreul, des mélanges de divers principes neutres comparables aux éthers composés, et susceptibles, comme ceux-ci, de subir, dans diverses circonstances, un dédoublement remarquable. Sous l'influence des oxydes, et notamment des alcalis fixes, elles s'hydratent et se séparent nettement, d'une part en un corps gras acide, spécial pour chacun des principes neutres qu'elles renferment, et d'une autre en glycérine. Saturé par la base employée, le corps gras acide forme un *savon,* qu'il est facile de décomposer ensuite par un acide minéral qui déplace et met en liberté l'acide gras.

Les acides ainsi produits ont des propriétés très-différentes de celles que possèdent les corps neutres; mais, de ces propriétés, une seule doit nous occuper en ce moment : nous voulons parler de leur moindre fusibilité. C'est ainsi que la stéarine, fusible vers 62°, se transforme en acide stéarique fusible à 69°,2 et en glycérine; que la margarine, toujours associée au principe précédent dans les graisses animales, et fusible à 49°, se dédouble en acide margarique fusible à 60° et en glycérine. Quant à l'oléine, qui, liquide, communique aux graisses naturelles leur onctuosité, elle se décompose de la même manière, mais l'acide oléique auquel elle donne naissance est, comme elle, liquide à 0°.

Une transformation semblable se produit, ainsi que l'ont établi Macquer, Chaptal, Gay-Lussac, et plus récemment les travaux de M. Frémy, lorsque ces mêmes graisses neutres se trouvent, dans des conditions déterminées, exposées à l'action d'acides énergiques, tels que l'acide sulfurique concentré ou même étendu. Des acides copulés prennent alors naissance, qui, formés d'un côté par la combinaison des acides stéarique, etc., avec l'acide sulfurique, et désignés sous le nom d'acides *sulfogras,* d'un autre par celle de la glycérine avec le même corps (acide sulfoglycérique), peuvent être ensuite aisément décomposés par l'eau et ramenés au même état que si les graisses neutres avaient été saponifiées par les alcalis. Les acides ainsi obtenus, et que l'acide sulfurique a colorés, peuvent être purifiés par une distillation soigneusement réglée, et semblable à celle dont Gay-Lussac et

M. Chevreul avaient, dès 1825, entrevu l'importance pour le traitement des graisses naturelles.

L'eau seule enfin peut, ainsi que l'ont démontré presque simultanément MM. Tilghmann et Berthelot, exercer sur les graisses neutres la même action séparatrice que les alcalis et les acides. Chauffés ensemble sous pression, avec des précautions déterminées, ces corps réagissent, et chaque principe neutre se dédouble simplement en glycérine et en acide gras.

De ces trois réactions découlent cinq procédés différents pour le traitement des graisses neutres : le premier, désigné sous le nom de *saponification calcaire,* est le plus ordinairement employé; il est basé sur la première réaction : l'alcali employé est la chaux, et l'acide sulfurique sert à la décomposition du savon calcaire. Le second, désigné sous le nom de procédé *par distillation,* et exploité sur une grande échelle depuis l'expiration des brevets qui le monopolisaient, est basé sur la deuxième réaction et la distillation réunies. Le troisième, encore à l'étude, et connu sous le nom de procédé *par l'eau*, est tout indiqué par la troisième réaction; le quatrième, basé sur le même principe que le précédent, emploie comme agent simultané de saponificatiou et de distillation la vapeur d'eau surchauffée; un cinquième enfin, récemment imaginé par M. de Milly, et basé sur l'emploi combiné de la saponification calcaire et de la chaleur sous pression, peut être désigné sous le nom de *saponification calcaire modifiée.* Nous examinerons successivement ces cinq procédés.

Cependant les réactions que nous venons de passer en revue ne suffisent pas pour transformer les graisses neutres en un corps dur et propre à la fabrication des bougies. En effet, le produit auquel elles donnent toutes trois naissance est un mélange d'acides solides et d'acide oléique, qui, toujours liquide, rend les premiers mous et fusibles. Un tel mélange ne serait pas susceptible d'emploi, et par suite les travaux que nous venons d'exposer se trouveraient perdus pour l'application industrielle, si, par un ingénieux tour de main, Gay-Lussac et M. Chevreul n'étaient parvenus à opérer la séparation des produits liquides et solides. Pour obtenir ce résultat, ces habiles praticiens ont fait appel aux actions mécaniques, et démontré qu'il suffisait de soumettre le mélange des acides gras à une pression graduée pour obtenir, d'une part, de l'acide oléique liquide utilisable pour la fabrication des savons et le foulage des draps, d'une autre des acides liquides dont le point de fusion ne doit jamais être inférieur à 55°, et peut

s'élever jusqu'à 68° et même 70°, lorsqu'on a opéré sur les graisses animales et suivant la nature de celles-ci.

SAPONIFICATION CALCAIRE.

La fabrication des bougies stéariques par saponification calcaire emploie indistinctement les suifs de bœuf ou de mouton; lorsqu'elle fait usage de suifs étrangers, et notamment de celui de Russie, ces deux espèces de suif se trouvent généralement mélangées; mais il n'en est pas de même lorsqu'elle met en travail les suifs indigènes ou *suifs de place*. Dans ce cas, en effet, elle n'a le plus habituellement à sa disposition que les suifs de bœuf; ceux de mouton, plus durs et plus riches en corps gras solides, sont réservés à la fabrication des chandelles; mais, quelle que soit la nature de la matière, le travail est toujours le même, et les suifs, sans préparation préalable, sont soumis à la saponification.

Saponification. — Cette opération est conduite dans de vastes cuves en bois, et quelquefois, mais plus rarement, dans des bassins en maçonnerie fortement cimentés. Les cuves que comporte l'atelier que nous décrivons sont au nombre de trois; chacune d'elles peut contenir la quantité de matière nécessaire au travail de toute une journée, et les opérations de la saponification et de la décomposition s'y accomplissent successivement. Cette disposition permet de réaliser une grande économie de main-d'œuvre, et paraît préférable aux dispositions ordinaires, où le savon calcaire obtenu dans une cuve doit être reporté dans une autre pour y être décomposé, etc.

Dans une vaste cuve en bois, doublée de plomb, telle que C'', dans laquelle un tuyau V'' peut amener la vapeur d'un générateur, on introduit 8,000 kilogr. de suif en pains; au moyen de robinets communiquant avec un réservoir, on recouvre ce suif d'eau ordinaire; la quantité d'eau ainsi ajoutée doit être de 3 mètres cubes environ. On donne alors la vapeur du tuyau V'', et bientôt, grâce à la chaleur qu'elle lui communique, le suif entre en fusion et vient former à la surface une couche huileuse dont l'épaisseur égale un peu plus de la moitié de la hauteur de la cuve. Ce point atteint, on s'occupe de la saponification. Dans ce but, on a éteint d'avance une quantité de chaux vive équivalente à 14 ou 15 pour 100 du poids du suif, soit 1,200 kilogr. pour 8,000 kilogr. de matière, en ayant soin de choisir une chaux très-pure, que l'on éteint de manière à l'amener à la finesse la plus grande possible, et qu'on blute même quelquefois. Cette chaux,

délayée dans une quantité d'eau suffisante pour former un lait épais, est ajoutée peu à peu, en deux ou trois temps successifs, à la matière que le jet de vapeur maintient toujours en ébullition. L'action est activée par une agitation presque constante; autrefois un agitateur à palettes, mû par le générateur, était employé dans ce but; mais aujourd'hui l'on préfère, avec raison, activer le mélange à bras d'homme avec une sorte de râble en bois ou



Fig. 324.—Ensemble des cuves pour la saponification calcaire.

mouveron. (Cet appareil se voit sur la cuve C.) Dans ces conditions, le mélange s'opère, la saponification se produit; peu à peu, le corps gras devient visqueux, s'empâte et se transforme en une matière blanche et dure, qu'on a soin de brasser sans interruption, de manière à la diviser en grumeaux dont la grosseur varie depuis celle d'une noix jusqu'à celle du poing. Lorsque la réaction est terminée, ce qui a lieu au bout de huit heures environ, la cuve se trouve remplie de ces morceaux durs, à cassure brillante, baignés dans une solution jaunâtre de glycérine.

Ce résultat une fois atteint, on laisse refroidir jusqu'au lendemain, on vidange, par une soupape placée à la partie inférieure et dont le levier est maintenu par une clavette, la solution glycérique qui, par l'auge M, s'écoule dans un caniveau commun.

Décomposition du savon. — On procède alors à la décomposition du savon calcaire par l'acide sulfurique. Pour cela, on ajoute,

dans la cuve même où la saponification a eu lieu, et après l'enlèvement de la glycérine, de l'acide sulfurique étendu à 25° et même 20° Baumé. Cet acide doit être pur et débarrassé des composés nitreux. Sans cela, en effet, on s'expose à voir, ainsi que l'a montré M. Jacquelain, le rendement en acides gras s'abaisser par suite de l'altération que l'acide azotique fait subir à ces composés. Cette précaution est surtout nécessaire lorsqu'on emploie l'acide à 52°, non concentré au platine; on corrige, du reste, aisément ce défaut en soumettant l'acide impur à l'action du gaz acide sulfureux.

Jusqu'à ces dernières années, on considérait généralement comme une chose nécessaire le concassage et même la pulvérisation du savon calcaire avant sa décomposition; aussi avait-on pour habitude de relever celui-ci de la cuve où il s'était formé et de le passer à travers des moulins concasseurs placés directement au-dessus d'une autre cuve. Mais aujourd'hui la plupart des fabricants se contentent de faire agir directement l'acide sulfurique sur les grumeaux de savon calcaire. En opérant ainsi, on rend la décomposition un peu plus longue, mais on économise la main-d'œuvre. On ajoute donc dans la cuve C′ de l'acide sulfurique à 20° en léger excès. Pour décomposer le savon produit et saturer les 1,200 kilogr. de chaux employés, il faut théoriquement 2,100 kilogr. d'acide sulfurique à 66°; mais comme un léger excès est nécessaire pour rendre plus complète la séparation des acides, on en met habituellement 2,400 kilogr. auxquels on ajoute 5 à 6 mètres cubes d'eau pour l'amener à 20 ou 25° Baumé.

L'acide et l'eau une fois ajoutés, on fait arriver la vapeur; peu à peu, l'attaque se fait, l'acide se combine à la chaux pour former du sulfate de chaux qui se précipite, tandis que les acides gras se séparent et remontent à la surface. Les plus gros morceaux, qui nagent au sein du liquide, s'attaquent à leur tour, et enfin, au bout de six à sept heures, ils ont entièrement disparu. On laisse alors reposer, puis le lendemain, au moyen d'un monte-jus B, on décante les acides gras encore liquides, et on les envoie aux cuves de lavage. On enlève ensuite le liquide qu'ils surnageaient, et qui tient en suspension le sulfate de chaux, et on l'abandonne plusieurs jours dans de vastes citernes où, peu à peu, les dernières traces d'acide gras se séparent et viennent à la surface. On charge alors de nouveau la cuve de 8,000 kilogr. de suif, et l'on recommence la saponification, de telle sorte qu'en réalité une opération n'est complétement achevée que le troisième jour,

et que les trois cuves sont toujours en action. Dans la fig. 324, par exemple, C'' renferme le savon calcaire achevé, en C' la décomposition du savon préparé la veille s'accomplit, et enfin C est prêt à être débarrassée des produits provenant de la décomposition de la veille, et à recevoir une nouvelle charge de matière.

Lavage des acides gras. — Au sortir des cuves de décomposition, les acides gras sont conduits par un monte-jus dans des cuves doublées de plomb où ils subissent un premier lavage dans l'acide sulfurique à 20°, amené à l'ébullition par un serpentin de vapeur. Ce lavage a pour but de leur enlever les dernières portions de chaux qu'ils pourraient renfermer encore. De là, ils sont portés à une autre cuve semblable où ils subissent un nouveau lavage à l'eau pure et bouillante, dans le but de les débarrasser de toute acidité. Quelques fabricants poussent le soin jusqu'à donner aux acides un deuxième lavage à l'eau bouillante, mais cette précaution paraît inutile.

Coulée des acides en pains. — Ainsi purifiés, les acides sont coulés dans des moules en fer-blanc de capacité variable, et où ils viennent former des pains rectangulaires.

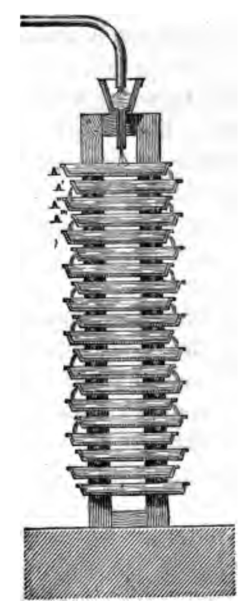


Fig. 325. — Moulage des acides gras en pains.

La disposition adoptée pour le remplissage de ces moules est extrêmement ingénieuse ; elle est due à M. Binet. Sur des châssis verticaux en fer munis de tringles horizontales, on étage une vingtaine de moules en fer-blanc, larges, peu profonds et de forme évasée; chacun de ceux-ci est percé sur l'un de ses petits côtés, et près du bord supérieur, de trois ou quatre trous. On dispose ces moules, en les alternant de telle sorte que le premier A soit, du côté des trous, plus en arrière que le second A', celui-ci dans une position inverse, ainsi de suite, et qu'en un mot les trous de chacun d'eux se trouvent correspondre à une portion de la capacité immédiatement inférieure. Grâce à cette disposition, les acides gras, arrivant par un tuyau dans le caniveau supérieur, se déversent dans le premier moule, passent de là dans le second, puis dans le troisième, etc., et arrivent à la partie inférieure à une température

ː basse pour se solidifier sur ses bords et empêcher que la ère continue à s'échapper par les trous des moules. On arrête ulement lorsque les moules supérieurs se trouvent remplis. acides sont abandonnés dans ces moules à une cristallisation ; on les y laisse 12 heures en hiver, 24 heures en été. Plus istallisation des acides solides est lente; plus les cristaux sont ıis, et plus la séparation de l'acide oléique liquide devient ıite facile par la pression. On reconnaît la qualité de la matière ı pressant avec le doigt, et évaluant par l'habitude l'aspect lle prend dans cette circonstance. La quantité d'acides fournis les suifs de bonne qualité est de 92 à 95 pour 100.

essage à froid. — La séparation des acides solides et liquides, nus dans les opérations précédentes, s'exécute en deux ps successifs : la matière est pressée à froid d'abord, puis à ıd. Le pressage à froid s'exécute dans des presses hydraues verticales disposées à la manière ordinaire. Chaque pain



Fig. 326.—Pressage à froid.

ınveloppé dans un sac de laine en tissu serré, dit *malfil;* les sont ensuite placés les uns à côté des autres au nombre de

deux, trois ou quatre, suivant la largeur de la bâche, puis empilés de manière à remplir celle-ci. De deux en deux sacs, on interpose une plaque de tôle ou de zinc, de manière à régulariser la pression. Quelques-unes de ces plaques (deux ou trois) sont munies de rigoles G, destinées à recueillir les produits liquides; on fait alors agir le piston P, qui, s'élevant graduellement, presse la matière contenue dans les sacs, et laisse écouler dans les rigoles, et de là dans des tuyaux verticaux, la plus grande partie de l'acide oléique. L'opération doit être prolongée pendant cinq ou six heures. Dans quelques usines, on laisse simplement couler ce produit à terre, où il rencontre des caniveaux qui l'emportent au dehors; mais cette disposition doit, suivant nous, être remplacée autant que possible par la précédente.

Pressage à chaud. — Lorsque la presse verticale paraît avoir épuisé son action, on enlève les sacs, on les vide, et on procède au pressage à chaud. Cette opération a lieu également au moyen d'une presse hydraulique puissante disposée horizontalement,

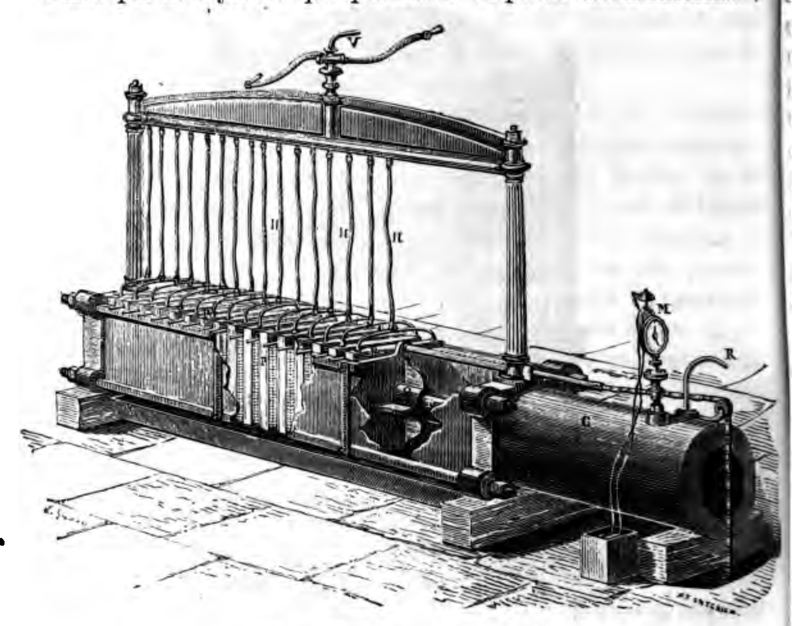


Fig. 327.—Pressage à chaud.

comme l'indique la figure 327. L'eau arrivant par le tuyau R vient, dans le cylindre C, agir sur la tige T, qui presse les sub-

stances placées dans la bâche de la presse. Les pains fournis par le pressage à froid sont cassés aux dimensions convenables, puis placés entre deux tissus très-solides en crin, désignés sous le nom d'*étreindelles*. Celles-ci sont séparées par des plaques creuses en fonte dans lesquelles peut circuler la vapeur arrivant du générateur par le tuyau V. La communication entre le tuyau V et les plaques chauffées s'établit habituellement au moyen de tubes articulés; mais nous avons vu substituer avec avantage à ce système l'emploi de tubes en caoutchouc de 4 à 5 millim. d'épaisseur, disposés, ainsi qu'on le voit en H, H. Pour faire usage de cette presse, on place, à la suite de chaque plaque P, une étreindelle; puis, lorsque la bâche se trouve remplie, on ouvre le tuyau V, de manière à échauffer les plaques. Pour y parvenir, la température doit d'abord être portée jusqu'à 70° environ; mais il faut la modérer rapidement et la laisser retomber à 40°, et même 35°; en même temps, on fait agir doucement la tige T. Une séparation plus profonde des acides se produit alors : l'acide oléique, entraînant une notable quantité d'acide stéarique, s'écoule par le fond de la bâche, et de là dans des caniveaux qui le conduisent à des réservoirs spéciaux. Lorsque l'opération est terminée, on démonte la presse, et l'on trouve dans chaque étreindelle un pain sec et dur d'acides gras qui en ont épousé la forme, et dont la surface seule est souillée par quelques traces de matière organique et d'oxyde de fer provenant des appareils. La quantité d'acides solides ainsi obtenus peut, selon M. Dumas, s'élever jusqu'à 45 pour 100 du poids du suif; mais généralement elle ne dépasse pas 40 pour 100.

Les presses à chaud offrent, dans leur forme, des différences assez notables. Ainsi, dans quelques usines, on se contente d'introduire dans la bâche des plaques pleines, et de faire arriver la vapeur par des tubes longitudinaux percés de trous et placés à la partie inférieure. La bâche est garantie contre le refroidissement par une enveloppe de briques, et l'on recouvre le tout d'un vaste feutre. D'autres fois, la bâche est, de tous côtés, munie d'un double fond dans lequel on fait circuler la vapeur; quelquefois enfin, on n'emploie en aucune façon la vapeur, et l'on plonge simplement les plaques à chaque opération dans l'eau bouillante.

Dans quelques usines, on place sur le cylindre C (fig. 327), un manomètre M muni d'un timbre électrique, destiné à avertir les ouvriers du moment où l'on atteint la pression voulue.

L'injection de la vapeur dans les plaques creuses, et même

dans les presses à plaques pleines, présente l'inconvénient grave d'être d'une conduite difficile; aussi quelques fabricants se préoccupent-ils de substituer à la vapeur l'eau chaude comme moyen d'échauffement des plaques creuses. Cette manière d'agir paraît, *à priori*, devoir offrir de grands avantages; mais il semble que jusqu'à présent on n'ait pu se rendre complétement maître du procédé.

Au sortir de la presse à chaud, l'acide oléique se rend dans de vastes réservoirs disposés dans les caves; là on l'abandonne jusqu'à ce que, par le repos et le refroidissement, il ait laissé déposer une grande partie des acides solides qu'il renferme; on l'enlève alors en laissant le dépôt, puis on le remplace par un produit récemment préparé; lorsque le dépôt paraît suffisant, on filtre sur des chausses en feutre, puis on ramène aux presses la matière solide.

SAPONIFICATION SULFURIQUE ET DISTILLATION.

Le procédé sur lequel nous devons maintenant fixer notre attention diffère essentiellement du précédent, et par la nature des réactions sur lesquelles il est basé, et par la composition des matières qu'il emploie; tandis que le premier, en effet, s'adresse directement au suif des herbivores, le second se propose pour but l'utilisation de produits de moindre valeur, plus fusibles, et auxquels l'industrie ne saurait, avec avantage, appliquer le procédé de saponification calcaire. Ce sont principalement les huiles de palme et de coco, les suifs d'os, les graisses vertes, etc.

L'*huile de palme* est une matière demi-concrète, de couleur jaune et d'une odeur agréable; elle est fusible vers 30°, et renferme environ 31 pour 100 d'une matière grasse neutre, la palmitine, fusible à 48°, et 69 pour 100 d'oléine. Cette matière est importée des côtes d'Afrique en Europe, où les naturels l'extraient par expression du fruit du palmier, connu sous le nom d'*elaïs guineensis*.

L'*huile de coco* offre une grande analogie avec l'huile de palme; d'ailleurs elles sont souvent mélangées dans le commerce. l'huile de coco, plus fusible que la première, devient liquide à 20°, et ne renferme qu'une faible quantité de matières grasses solides; elle est extraite du fruit desséché du *cocos nucifera*. Ses provenances les plus habituelles sont l'île de Ceylan, la côte de Malabar et le Bengale.

Le *suif d'os* est le produit obtenu par les fabricants de noir

animal, lorsqu'avant de calciner les os, ils les font séjourner quelque temps dans l'eau bouillante; il est plus fusible, plus jaune et moins pur que le suif de bœuf ordinaire.

Sous le nom de *graisses vertes*, on désigne le mélange de graisses communes et impures fournies par les étaux des bouchers, des tripiers, les résidus de cuisine, le graissage des cylindres, les eaux de vaisselles, etc. Ces graisses mélangées fondent en général de 21° à 26°.

Si l'on joint à ces produits les corps gras provenant de la décomposition par l'acide sulfurique des eaux savonneuses, employées au lavage des laines, et désignées sous le nom de graisses de Reims et de Turcoing, on aura passé en revue les substances diverses et de faible valeur qu'emploie le procédé par distillation.

L'introduction de ce procédé dans l'industrie est récente; elle ne remonte pas à plus de seize années; mais son origine est plus ancienne, et, s'il est vrai que c'est dans une patente anglaise, prise en 1845 par MM. Gwynne et Wilson, qu'il se trouve pour la première fois développé d'une manière complète, on ne saurait nier, qu'appliqué en France presque à la même époque par MM. Masse et Tribouillet, il a, pour l'un et l'autre cas, trouvé son point de départ, d'un côté dans les travaux de MM. Chevreul et Gay-Lussac, d'un autre, dans l'étude de l'action de l'acide sulfurique sur les graisses, signalée par Macquer et Chaptal, et complétement étudiée par M. Frémy, et enfin dans l'idée d'employer la vapeur à la distillation des corps gras, idée mise en avant dès 1825 par MM. Chevreul et Gay-Lussac, et reprise depuis avec succès par M. Dubrunfaut; de telle sorte que si les manufacturiers anglais ont pu faire les premiers des bougies par distillation, leur succès est uniquement dû aux découvertes des chimistes français.

Le procédé par distillation, tel qu'il est appliqué aujourd'hui, comprend trois phases distinctes : la saponification sulfurique, la décomposition et enfin la distillation proprement dite.

Saponification sulfurique et décomposition. — Les matières destinées à la fabrication sont d'abord, quelle que soit leur nature, refondues avec soin sur une petite quantité d'eau; dans ce but, on les place dans des cuves doublées de plomb ou dans des citernes cimentées, au fond desquelles circulent des serpentins à vapeur ouverte; on laisse ensuite reposer quelque temps, de telle sorte que les grosses impuretés contenues par la matière puissent se déposer.

Les graisses ou les huiles ainsi refondues sont alors portées à la cuve de saponification. Celle-ci est formée, en général, d'une chaudière en forte tôle revêtue de plomb, et munie d'un double fond, dans lequel la vapeur surchauffée peut circuler à une température déterminée. Dans la chaudière est disposé un agitateur à palettes, qu'une bielle extérieure met en mouvement. En outre, l'appareil est surmonté d'une hausse en tôle et en bois, munie de volets à la partie supérieure et communiquant avec une cheminée d'appel destinée à entraîner au dehors l'acide sulfureux produit par la décomposition partielle de l'acide sulfurique au contact des matières grasses. Dans cette chaudière, on verse de l'acide sulfurique à 66°; la proportion de réactif nécessaire varie avec la nature des matières employées; pour les graisses vertes, elle est de 12 pour 100 environ; pour l'huile de palme, 6 pour 100 suffisent souvent. On ajoute ensuite le corps gras fondu, on met l'agitateur en mouvement, et l'on fait arriver par le double fond la vapeur surchauffée. La température que l'on communique ainsi au mélange varie beaucoup suivant les usines : chez MM. Price et Ce, en Angleterre, on l'élève jusqu'à 177° C.; dans les fabriques françaises, on ne lui laisse pas, en général, dépasser 110° ou 115°.

La réaction est d'ailleurs la même dans tous les cas; la matière se boursoufle, se colore; une partie de la glycérine se décompose et réduit une certaine quantité d'acide sulfurique à l'état d'acide sulfureux, tandis que la graisse neutre se convertit en une masse formée du mélange des acides sulfogras avec l'acide sulfoglycérique. Quinze à vingt heures de chauffe et d'agitation presque constante sont nécessaires pour que la saponification soit complète.

Lorsque ce résultat est atteint, on procède à la décomposition; dans ce but, les matières saponifiées sont d'abord abandonnées deux ou trois heures au refroidissement, puis portées dans de grandes cuves rectangulaires en bois doublées de plomb, et remplies d'eau jusqu'au tiers de leur hauteur. Dans ces cuves circulent des serpentins de vapeur qui bientôt en portent le contenu à la température de 100°. Les acides sulfogras et sulfoglycérique se décomposent alors; la glycérine et l'acide sulfurique, mis en liberté, se dissolvent dans l'eau, tandis que les acides gras, séparés de la combinaison où ils étaient engagés, viennent former au-dessus de l'eau une couche que la température maintient à l'état de fusion. Au moyen de robinets convenablement placés.

on décante les acides gras d'une part, la solution glycérique d'une autre. Celle-ci est conduite dans de vastes citernes, où on l'abandonne au repos, afin de laisser remonter à la surface les dernières portions d'acides gras qu'elle peut tenir en suspension. Quant aux acides gras décantés, on les soumet à deux lavages successifs, l'un avec de l'acide sulfurique à 16°, l'autre avec de l'eau ordinaire; dans l'un et l'autre cas, la température est maintenue à l'ébullition, comme lorsqu'on emploie la saponification calcaire..

La marche que nous venons de décrire offre des inconvénients, dont les principaux sont la longueur de l'opération et une formation considérable d'acide sulfureux due à la cause précédente, et entraînant une perte correspondante de matière qui dépasse 10 pour 100. M. Knab a réussi à parer à ces inconvénients, et il y est parvenu en montrant que par l'emploi d'un excès d'acide sulfurique, un contact de quelques instants, accompagné d'un mélange parfait, suffisait pour opérer la saponification. Sa méthode, désignée sous le nom de *méthode par fractionnement,* est employée avec succès par quelques usines et pratiquée de la manière suivante :

Près de la cuve à décomposer sont placés deux réservoirs ; l'un

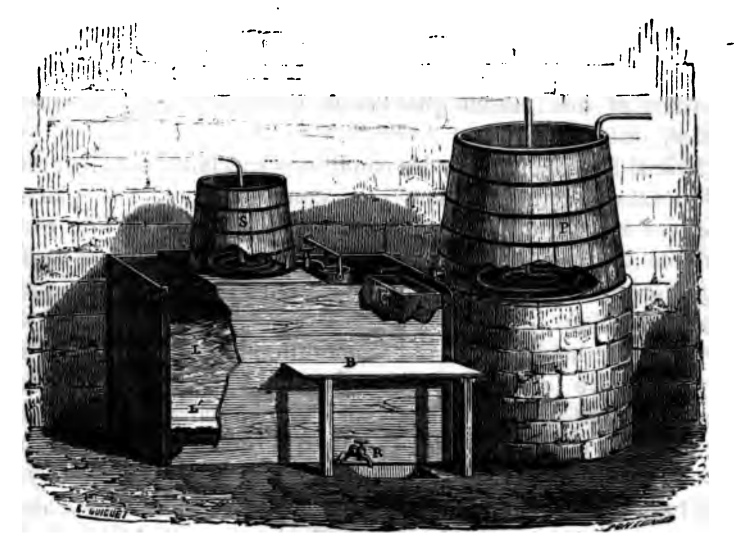


Fig. 328.—Saponification sulfurique par fractionnement.

d'eux S renferme l'acide sulfurique à 66°, qu'un serpentin de va-

peur maintient constamment à 90° C.; l'autre P contient l'huile de palme ou les graisses dont la température est également portée à 90°. A la partie supérieure de la cuve à décomposer est disposée une caisse oblongue doublée de plomb C, dans laquelle un ouvrier, placé sur le banc B, laisse couler 50 kilogr. d'huile de palme ou de graisse fondue à 90° ; d'un autre côté, dans un seau en plomb, il recueille 15 kilogr. d'acide sulfurique (soit 30 pour 100), verse ces 15 kilogr. sur les 50 kilogr. de matière grasse, agite vivement le mélange au moyen d'un râteau ; puis, au bout d'une minute environ de contact, lorsque la masse s'est déjà colorée, il fait basculer la caisse C. Les acides sulfogras, ainsi formés d'une manière presque instantanée, tombent dans la cuve de décomposition, où ils rencontrent de l'eau bouillante; là ils ne tardent pas à se séparer, comme par le procédé ordinaire, de telle sorte que cette cuve renferme bientôt trois couches : la supérieure L, formée d'acides gras, l'intermédiaire L′ renfermant l'eau, l'acide sulfurique et la glycérine, l'inférieure enfin L″ formée des mêmes substances salies par des matières charbonneuses.

Les acides ainsi obtenus sont, comme ceux fournis par la méthode ordinaire, soumis à deux lavages, puis portés à l'appareil de distillation.

Distillation. — La distillation des acides gras exige des précautions particulières; en effet, chauffés à feu nu, ils se décomposent partiellement en laissant un résidu considérable de charbon et une grande quantité de goudron et de gaz combustibles.

Mais si l'on opère dans des conditions spéciales, si l'on règle la température d'une manière plus convenable, si l'on place la matière à l'abri du contact direct du feu, si surtout l'on exclut l'air des appareils d'une manière absolue, la distillation devient régulière, et les acides se subliment pour la plus grande partie sans altération.

On réalise habituellement ces conditions en employant comme intermédiaire la vapeur surchauffée, dont MM. Thomas et Laurens ont, les premiers, introduit l'emploi dans l'industrie. Les acides gras sont placés dans une vaste cornue, assise dans une construction solide en maçonnerie ; cette cornue est traversée par un tube amenant la vapeur surchauffée, et communique avec un serpentin ordinaire. La fig. 329 indique avec détails cette disposition.

Au-dessus de la voûte d'un foyer est disposé un serpentin formé

tubes en fer doux; tantôt ce serpentin est horizontal, tantôt spires en sont verticales, comme dans la fig. 329. La flamme foyer, après avoir chauffé la sole, retourne d'arrière en avant, erse le serpentin et l'échauffe, puis s'échappe finalement par heminée C. Le serpentin, dont l'entrée est en M, revient aussi lui-même par un tube longitudinal, pour sortir en avant

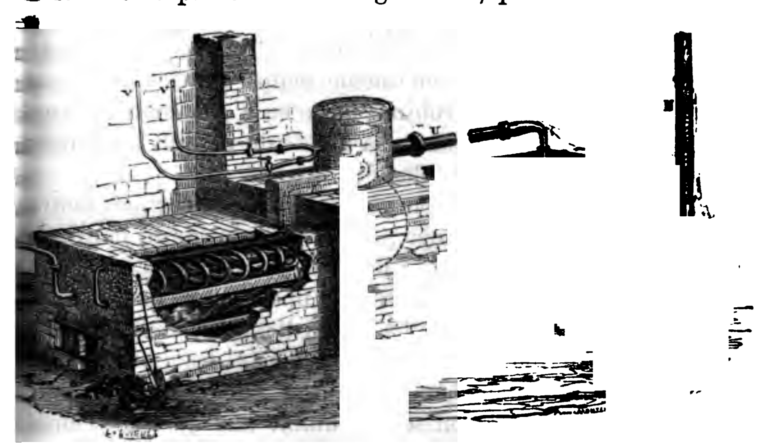


Fig. 329.—Distillation des acides gras.

T, rentrer dans le fourneau en T′ et venir enfin aboutir dans cornue en T″. Cette cornue D, placée en dehors du foyer, est en uivre ou en fonte épaisse; le tube T″ plonge jusque près du fond t se termine soit en pomme d'arrosoir, soit en serpentin. De la rtie supérieure de la cornue part un tube U, qui se continue ar un serpentin en fer, entouré d'eau, placé dans une caisse en le, et se termine enfin dans le récipient K, où les acides de la istillation viennent se solidifier. Le tuyau H entraîne au dehors es produits gazeux et combustibles.

Pour se servir de cet appareil, après avoir échauffé le serpenin MT, on remplit par le tuyau V la cornue D aux trois quarts de natière fondue, puis on fait arriver la vapeur en maintenant la empérature, de telle sorte qu'elle se surchauffe à 300° environ. 'air est ainsi chassé, et la distillation commence bientôt pour ontinuer, grâce à l'élévation de la température, qui ne s'abaisse amais dans la cornue à moins de 200°. Les acides gras, recueillis n K, diffèrent d'ailleurs, suivant que la distillation avance plus u moins. En les fractionnant du commencement à la fin, leur oint de fusion est, d'après une expérience de M. Payen :

	Pour l'huile de palme.	Pour les graisses vertes et graisses d'os.
1er produit	[illegible]	40
2e —	52	41
3e —	48	41
4e —	46	42.5
5e —	44	44
6e —	42	45
7e —	[illegible]	46

L'eau qui se condense en même temps que les corps g[illegible] s'écoule au moyen d'un robinet placé en K ; au commence[illegible] de l'opération, elle équivaut à la moitié du produit conden[illegible] la fin, elle n'en représente plus que le tiers.

La distillation, conduite en général dans des cornues po[illegible] contenir 1.000 à 1.100 kilogr., exige environ douze heure[illegible] reconnaît qu'elle est terminée lorsque les produits conde[illegible] colorent : il reste alors dans la cornue une sorte de goudro[illegible] dont la proportion s'élève de 2 à 3 pour 100 pour l'huile de p[illegible] et de 5 à 7 pour 100 pour les graisses d'os et les graisses v[illegible] Ce résidu est laissé dans la cornue jusqu'à ce que, par des o[illegible] rations successives, il s'en soit accumulé une quantité co[illegible] rable : on le siphonne alors sous la pression de la vapeur p[illegible] tuyau [illegible], et on le traite dans un autre appareil distilla[illegible] formé de tuyaux en fer, placés dans un fourneau, où il se tr[illegible] soumis à une température plus considérable, et à un jet de va[illegible] surchauffée à un degré plus élevé. On recueille ainsi une p[illegible] quantité d'acide gras, et l'on obtient, comme résidu défi[illegible] une sorte de poix qui est utilisée de la même manière que [illegible] goudrons ordinaires.

Quelques fabricants, au lieu d'agir par opérations successiv[illegible] comme nous venons de l'indiquer, préfèrent distiller en alim[illegible] tant d'une manière continue, et ne poussant l'opération jusq[illegible] la fin qu'à de rares intervalles, et lorsqu'ils se proposent de trai[illegible] de cette façon les résidus accumulés par le travail des jours p[illegible] cédents.

Les acides gras fournis par le procédé de la distillation s[illegible] généralement soumis à la presse, surtout lorsqu'ils proviennent des suifs d'os ou des graisses ; on obtient ainsi des produits d'u[illegible] beauté et d'une transparence remarquables. Les acides four[illegible] par l'huile de palme, dont le point de fusion peut s'élever jusq[illegible] 55°, sont souvent employés directement pour la composition [illegible] bougies de deuxième qualité. Ils sont d'ailleurs difficiles à presse[illegible]

ar suite de la disposition presque amorphe de leur masse. On eut cependant tourner cette difficulté, soit en les mélangeant vec une certaine quantité d'acides gras ordinaires, ce qui leur ommunique une structure cristalline et pressant le mélange, oit en les divisant au rabot, ainsi que cela se pratique en Angleerre, chez MM. Price et Ce, et soumettant à la presse, sous l'action 'une température ne dépassant pas 30°, les copeaux fins, ainsi réparés, après les avoir enfermés dans des sacs de fibres de coco.

SAPONIFICATION PAR L'EAU SOUS PRESSION.

A côté des alcalis et des acides est venu se placer, dans ces dernières années, un nouvel agent susceptible d'opérer le dédoublement des graisses neutres en glycérine et en acides gras. Cet gent, le plus simple de tous, est l'eau portée à une température levée sous pression. L'idée de soumettre les graisses à ce genre l'action est ancienne. C'est dans les travaux d'Appert (1823) et e Manicler (1826) qu'on en trouve la première indication; mais e but de ces auteurs était bien différent de celui que se propose ctuellement l'industrie. Pour eux, en effet, il ne s'agissait que l'amener le suif à l'état de fusion et de le séparer des membranes lans lesquelles il est enfermé. Une température de 115° et de 121° uffisait dans ce but.

L'eau, cependant, peut exercer sur les graisses neutres une ction plus profonde; sous l'influence d'une température qui ne aurait être inférieure à 180° et d'une pression de 10 à 15 atmophères, elle les dédouble rapidement en leurs éléments constituants. La connaissance de cette réaction remarquable est due ux travaux de deux chimistes qui, par un hasard assez fréquent ans l'histoire des sciences, se sont trouvés conduits à le décourir presque simultanément. M. Tilghmann, en Angleterre (9 janier et 26 mars 1854), M. Berthelot, en France (3 avril 1854), euvent tous deux revendiquer l'honneur de cette découverte. uelques mois plus tard, M. Melsens, en Belgique (7 décembre 854), arrivait au même résultat. Mais de ces trois auteurs, deux eulement, MM. Tilghmann et Melsens, se sont préoccupés de la uestion industrielle. Leurs méthodes offrent d'ailleurs entre lles de grandes ressemblances.

Pour rendre pratique le phénomène scientifique qu'il avait lécouvert, M. Tilghmann a proposé un appareil formé de tubes n fer forgé et soudés, disposés en spires verticales, et constituant me sorte de serpentin continu chauffé directement sur le feu, et

dans lequel le corps gras, émulsionné avec de l'eau, est envoyé au moyen d'une pompe foulante puissante. Dans son parcours à travers ces tubes, sous l'influence d'une température très-élevée qui, pour l'huile de palme, égale 260°, et peut atteindre jusqu'à 330° pour d'autres corps gras, les principes neutres se décomposent avec rapidité; dix minutes de contact suffisent à leur dédoublement en acides gras et en glycérine, que l'on recueille au moyen d'un serpentin horizontal refroidi.

Le procédé de M. Melsens, mis en pratique à Anvers pendant un certain temps, consistait à placer dans une chaudière autoclave le corps gras additionné de 10 à 20 pour 100 d'eau, quelquefois de 1 à 10 pour 100 d'acide sulfurique, et à les soumettre à une température de 180° à 200°.

Des difficultés pratiques ont forcé M. Tilghmann, comme M. Melsens, à abandonner l'exploitation industrielle de leurs procédés, et la saponification par l'eau sous pression est aujourd'hui dans le domaine public.

D'autres appareils ont été proposés depuis dans le même but; l'un d'eux, breveté en Angleterre par M. Le Mire de Normandy (16 mai 1855), offre, avec celui de M. Tilghmann, une analogie trop grande pour que nous entreprenions sa description; mais il en est un qui paraît trop bien répondre au but proposé pour que nous n'y fixions pas notre attention. Nous voulons parler de celui qui, breveté en 1857 par MM. Wright et Fouché, a été soumis à la pratique industrielle pendant trois années chez M. Delacretaz, à Vaugirard, et est également exploité, dit-on, au Brésil et en Autriche.

Cet appareil se compose de deux chaudières en cuivre à parois très-résistantes; ces deux chaudières, hermétiquement closes, sont placées un peu au-dessus l'une de l'autre, sans être dans le même axe. Deux tuyaux les mettent en communication : l'un, formant siphon, descend dans la chaudière inférieure jusque près du fond, et vient déboucher également par son autre extrémité près du fond de la chaudière supérieure; l'autre, partant du couvercle de la chaudière inférieure, vient déboucher près du sommet de la chaudière supérieure. La première est le générateur, la seconde pourrait être désignée sous le nom de chaudière de saponification. Pour faire usage de cet appareil, on remplit d'eau le générateur, jusqu'à ce que le liquide s'élève au point où le premier tuyau débouche dans la deuxième chaudière; on verse dans celle-ci le corps gras fondu que l'on ajoute jusqu'à l'affleurement

du tube qui, partant du régénérateur, vient déboucher à la partie supérieure ; de cette façon, un certain espace reste libre entre la surface du corps gras fondu et le sommet de la chaudière à saponification. On chauffe alors fortement : la vapeur, sortant du générateur par le tube long, arrive dans la *chambre d'expansion*, c'est-à-dire dans l'espace libre laissé au sommet; elle tend à s'y condenser, et se trouve, par suite, entraînée de haut en bas à travers le corps gras, moins dense, pour retourner au générateur. De telle sorte que la matière neutre, constamment mélangée, émulsionnée avec l'eau, soumise à la haute température et à la pression que supporte celle-ci, se décompose bientôt en acides gras et en glycérine.

Quelques doutes ont été émis sur la valeur industrielle de cet appareil; mais une expérience récemment exécutée au Muséum d'histoire naturelle par M. Cloëz les a levés complétement. Dans un petit appareil semblable à celui que nous venons de décrire, on a introduit 8 kil. de suif et 16 kil. d'eau, et pendant huit heures, on a chauffé le mélange à la pression de quinze atmosphères, correspondant à la température de 200°. Dans ces conditions, l'expérience a fourni un rendement de 97,5 pour 100 en acides gras d'une blancheur et d'une dureté remarquables. La pureté de ces acides était, du reste, presque absolue, car ils ne renfermaient que des traces de matière non saponifiée. La qualité des produits ainsi préparés par M. Cloëz prouve la valeur de ce procédé, et montre que si quelquefois, dans la pratique industrielle, il a fourni des produits incomplétement acidifiés, cette imperfection doit être attribuée à des circonstances accidentelles, telles que l'emploi d'une trop faible quantité d'eau ou d'une température trop peu élevée.

En effet, dans la saponification par l'eau, deux conditions surtout nous paraissent essentiellement nécessaires : l'émulsion des corps gras avec l'eau, et l'emploi d'une température suffisamment élevée. Dans tous les appareils proposés pour l'exploitation industrielle de ce procédé, le premier cas a toujours été soigneusement prévu. Il est facile de comprendre, en effet, que l'eau et le corps gras ne puissent agir l'un sur l'autre qu'au contact, et c'est ce que les inventeurs ont cherché à réaliser. Dans la plupart de ses belles expériences entreprises à un point de vue purement scientifique, M. Berthelot n'avait obtenu qu'un dédoublement partiel des matières qu'il mettait en réaction, et ce résultat était dû à l'absence de tout mélange entre celles-ci. Quant à la deuxième

condition, les travaux de M. Berthelot en font aisément comprendre la nécessité. Ce chimiste a montré, en effet, que si, à une température déterminée, les principes neutres se saponifient, la glycérine et l'acide gras peuvent; à une température inférieure, se combiner à nouveau en mettant de l'eau en liberté. Si donc, dans les opérations industrielles, la température et la pression se trouvent trop faibles, si surtout la quantité d'eau en présence est trop peu considérable, on conçoit qu'une certaine proportion de principe neutre puisse se reformer et abaisser le point de fusion du produit résultant par suite du contact entre l'acide gras et la solution concentrée de glycérine.

SAPONIFICATION PAR LA VAPEUR SURCHAUFFÉE.

Aux méthodes de saponification par l'eau que nous venons de décrire se rattache la méthode de saponification directe par la vapeur surchauffée que pratique aujourd'hui, sur une grande échelle, la compagnie Price, en Angleterre.

Gay-Lussac, et après lui M. Dubrunfaut, avaient tenté d'appliquer industriellement le fait scientifique de l'acidification des corps gras neutres sous l'influence de la distillation; mais malgré leurs efforts, malgré l'emploi de la vapeur d'eau comme véhicule, le succès n'avait pas répondu à leur attente, et toujours ils avaient vu une partie des corps gras se détruire en donnant naissance à des produits carburés et à de l'acroléine.

MM. Wilson et Gwyne, plus heureux, ont pu réaliser et pratiquer sur une grande échelle ce procédé, et obtenir, dans des appareils distillatoires semblables à ceux que nous avons décrits page 219, le dédoublement complet des corps gras neutres en acide et en glycérine, sous l'influence d'un courant de vapeur d'eau surchauffée. Grâce au maintien sévère de la température dans des limites exactes, ils ont même pu, de cette façon, non-seulement saponifier les corps gras, mais encore distiller les produits de la réaction, c'est-à-dire les acides et la glycérine elle-même. Les cornues dans lesquelles est conduite l'opération mesurent 6,000 litres de capacité; elles sont chauffées directement à une température qui doit être exactement maintenue entre 290° et 315°. Un tuyau de fer doux amène, jusqu'au fond de la matière fondue qu'elle renferme, de la vapeur soigneusement surchauffée à la température de 315°. Ce courant est maintenu en barbotage pendant un temps variable de vingt-quatre heures à trente-six heures, suivant la nature des matières mises

en travail; sous cette influence, la saponification s'accomplit aisément, les acides gras et la glycérine mis en liberté sont recueillis à l'extrémité du serpentin; les premiers sont soumis de suite aux procédés de fabrication; la seconde est purifiée par une deuxième distillation exécutée dans les mêmes conditions. Ainsi que nous l'avons dit, le plus grand soin doit être apporté au maintien de la température convenable; si elle est inférieure à 310°, la décomposition est extrêmement lente; si elle s'élève au-dessus, une partie du corps gras se détruit et l'acroléine apparaît.

SAPONIFICATION CALCAIRE MODIFIÉE.

On ne saurait s'empêcher de rapprocher des méthodes précédentes la modification apportée, il y a quelques années, par M. de Milly à la saponification calcaire.

Lorsqu'on détermine, par le calcul des équivalents, la quantité de chaux nécessaire pour saponifier 100 parties de suif de bonne qualité, on reconnaît que cette quantité est égale à 9,5 parties environ. Cependant, ainsi que nous l'avons dit plus haut, la saponification calcaire, opérée dans les conditions habituelles (cuves ouvertes), nécessite l'emploi d'une proportion plus considérable, que les fabricants élèvent en général à 14 ou 15 pour 100, de telle sorte que le savon calcaire qu'ils obtiennent est toujours basique. Mais si, au procédé ordinaire, on substitue l'emploi des vases clos et le chauffage sous pression, cette anomalie disparaît, et l'on arrive à produire le dédoublement de la matière neutre avec une quantité de chaux moins considérable, et même inférieure des deux tiers à celle qu'exige la théorie. C'est ainsi qu'en chauffant, en vases clos, des corps gras neutres avec 8, 6, 4, et même 3 pour 100 de chaux, on produit des savons formés par la combinaison des acides gras avec cet alcali terreux, et renfermant une grande quantité d'acides gras en excès. Les conditions nécessaires pour les obtenir varient d'ailleurs, et l'expérience démontre que plus la quantité de chaux est faible, plus la température et la pression doivent être élevées. Leur nature et leurs propriétés physiques varient également; au fur et à mesure que la proportion de chaux augmente, ils deviennent d'une solidification plus facile, en même temps qu'ils se rapprochent davantage de la neutralité chimique; et tandis que le savon, renfermant un grand excès d'acide fourni par la saponification à 3 et 4 pour 100 de chaux, reste longtemps liquide, celui que l'on obtient avec 8 pour 100 se solidifie presque instantanément au sortir de l'appareil.

Dans la méthode qu'il a fait connaître, et qu'il a basée sur les réactions précédentes, M. de Milly s'attache à l'emploi d'une quantité de chaux très-faible, égale seulement à 2 ou 3 pour 100 de la matière grasse, et opère la saponification de la manière suivante: dans une grande chaudière verticale en cuivre épais, terminée par deux calottes sphériques, mesurant 1 mèt. 20 cent. de diamètre sur 5 mèt. de hauteur, et solidement encastrée dans la maçonnerie, on introduit 2,300 kil. de suif et 2,000 litres d'un lait de chaux renfermant 50 kil. de chaux vive, si l'on opère à 2 pour 100, et 69 kil. si l'on opère à 3 pour 100. L'appareil étant ainsi rempli, on fait arriver jusqu'au fond, au moyen d'un tuyau de 4 cent. de diamètre, un courant de vapeur d'eau à 10 atmosphères, c'est-à-dire portée à la température de 182°. Celle-ci agite la matière, la divise, réagit sur elle, et, au bout de sept heures, la saponification est complète. On retrouve alors dans l'appareil, d'une part, une solution de glycérine, d'une autre, une masse d'acides gras, au milieu de laquelle se trouve disséminée une petite quantité de savon calcaire. On recharge aussitôt, et l'on recommence l'opération.

Les conditions nécessaires au succès de cette saponification sont les mêmes que pour la saponification par l'eau seule, savoir: une température et une pression suffisamment élevées, et une agitation constante. Si elles ne sont pas remplies, la saponification est incomplète, et le produit acquiert une fusibilité fâcheuse.

Ce procédé nous paraît se relier intimement à la saponification par l'eau seule; il est reconnu d'ailleurs que, grâce à l'emploi de la minime quantité de chaux proposée par M. de Milly, l'opération est rendue plus prompte et plus facile.

On peut chercher à l'expliquer théoriquement de plusieurs manières. M. Payen, se basant sur les recherches de MM. Bouis et Berthelot, pense que la chaux, réagissant sur la tristéarine (formée de trois équivalents d'acide stéarique pour un de glycérine), commence un mouvement moléculaire que l'eau achève ensuite. M. Pelouze, s'appuyant sur les remarquables expériences par lesquelles il a démontré qu'entre 155° et 165°, sous pression, un savon de chaux pouvait saponifier un corps gras neutre, considère l'eau comme décomposant le savon neutre au fur et à mesure qu'il se forme, d'une part en un savon acide, d'une autre en un savon basique qui agit sur le corps neutre restant, comme agirait la chaux elle-même. Mais si l'on remarque que M. de Milly, avec 2 pour 100 de chaux, opère à 182° (10 atmosphères); que

[. Wright et Fouché, avec l'eau seule, réussissent presque
nplétement à cette même température, et que M. Cloëz a
enu la saponification complète à 200°, il paraîtra peut-être
s simple de dire que, dans le procédé dont nous nous occu-
ıs, la saponification s'opère par l'eau seule; et que la présence
2 pour 100 de chaux accélère et simplifie l'opération en
nbattant l'affinité contraire qui, d'après les expériences de
Berthelot, se manifeste au contact de l'acide gras libre et de
glycérine, et tend à les reconstituer en un corps gras neutre.
au seule, si la proportion en est abondante, combat cette affi-
é avec succès; une petite quantité d'alcali la combat mieux
core.

BOUGIES MIXTES.

Sous le nom de bougies mixtes (*composite candles*), on désigne
bougies dont la matière première est un mélange d'acide stéa-
ue et de stéarine, ou d'huile de coco pressée.

ntroduits dans la consommation, en 1840, par la Compagnie
ce, ces produits ont d'abord présenté des qualités remarqua-
s, et semblaient devoir se substituer à la chandelle ordinaire;
is bientôt leur valeur se trouva dénaturée par l'emploi de
uile de coco non pressée, et leur importance commerciale se
presque annihilée; aussi ne les citons-nous que pour mémoire.
reste, leur fabrication ne présente rien de particulier, et
ıtre dans les procédés que nous avons décrits jusqu'ici.

FABRICATION DES BOUGIES.

Des mèches. — La fabrication des bougies offre, avec celle des
ındelles moulées, une grande analogie; elle en diffère cepen-
ıt par quelques points de détail. Le plus important, sans aucun
ıte, est la forme donnée à la mèche. C'est à M. Cambacérès
appartient l'heureuse idée d'employer, pour la combustion
acides gras, la mèche, que tout le monde connaît, et que l'on
ne en nattant trois fils de coton. Sans cette découverte, l'in-
trie des bougies stéariques eût peut-être été arrêtée dès ses
miers pas. La mèche en coton tordu que portent les chan-
es et les bougies de cire, est, en effet, inapplicable à la com-
tion des acides gras, par suite de la grande quantité de matière
elle absorbe.

[ais la mèche en coton natté ne saurait elle-même être employée
s préparation; en effet, elle laisse, après sa combustion inco

plète, un résidu charbonneux qui contrarie l'ascension des corps gras, ou qui, tombant dans le godet de la bougie, amène une fusion trop rapide de la matière. Aussi, dès les premiers moments de la découverte des bougies stéariques, les chimistes cherchèrent-ils à imprégner la mèche de substances capables d activer sa combustion. M. Cambacérès avait conseillé les acides sulfurique, nitrique, etc. D'Arcet avait proposé l'azotate d'ammoniaque, etc.; mais ces divers moyens avaient échoué, lorsque M. de Milly eut l'heureuse idée d'imprégner la mèche d'acide borique ou phosphorique, qui, vitrifiant les cendres de la mèche, engendre à son extrémité une perle vitreuse et lourde qui, courbant la mèche en dehors de la flamme, lui permet de brûler complétement, et supprime l'opération ennuyeuse du mouchage.

Pour préparer les mèches, on les trempe pendant trois heures dans une solution aqueuse d'acide borique formée de 1 kil. pour 50 litres d'eau environ ; après les avoir sorties de ce bain, on les tord fortement, de manière à enlever le liquide en excès, puis on les sèche dans une étuve après avoir étalé les écheveaux sur des claies.

Moulage. — Les pains d'acides gras, quel qu'ait été leur mode de fabrication, présentent, au sortir des presses à chaud, un aspect sensiblement identique : ils sont blancs, transparents, formés de feuilles cassantes et solidement accolées. Cependant ils ne sont pas encore suffisamment purs pour être moulés en bougies; les bords en sont quelquefois mous et colorés, car ils ont pu échapper à l'action des presses; leur surface est souvent teintée par de petites quantités d'oxyde de fer; enfin on y rencontre toujours des brins de crin détachés des étreindelles pendant la pression. Pour les amener à l'état de pureté convenable, on commence par les trier à la main, en rejetant les bords et les portions trop colorées qu'on renvoie aux presses. Les parties blanches sont ensuite portées dans des cuves en bois doublées de plomb, renfermant une certaine quantité d'acide sulfurique à 3°, où on les soumet à l'action de la vapeur pendant une heure environ. Le but de ce lavage est non pas, comme le disent en général les ouvrages spéciaux, de détruire des traces de stéarate de chaux qui en réalité n'existent plus, mais bien de dissoudre l'oxyde de fer, et de désorganiser les matières provenant des étreindelles. Ce lavage terminé, on enlève l'acide sulfurique, on le remplace par de l'eau pure, on porte à l'ébullition pendant une heure, on décante cette eau, et l'on recommence une deuxième fois le lavage,

de manière à enlever les dernières traces d'acide. On ajoute alors aux acides fondus une certaine quantité de blancs d'œufs, on agite, et l'on fait bouillir encore. L'albumine, en se coagulant, entraîne au fond de la cuve toutes les impuretés que renferment les acides qui se trouvent ainsi clarifiés. On procède alors au moulage.

Celui-ci a lieu dans des moules en étain légèrement coniques. Près du culot ou entonnoir, une douille percée d'un trou retient par un nœud la mèche, qui se trouve serrée à la pointe du moule soit par une clavette en bois, soit par une sorte de petit robinet muni d'une lame tranchante. La disposition de ce robinet est telle qu'en en tournant la clef, on coupe la mèche à la longueur voulue, en même temps qu'on la maintient rigide dans l'axe.

La coulée des acides gras dans ces moules exige certaines précautions; si, en effet, ils y étaient versés à une température trop élevée, ils cristalliseraient en se refroidissant, et donneraient des produits feuilletés et cassants. On évite cet inconvénient en les laissant refroidir dans de grandes tinnes, jusqu'à ce que la cristallisation commence à la surface, et brassant alors fortement la masse, jusqu'à ce que, par une solidification partielle, elle prenne un aspect franchement laiteux. On en remplit alors des poêlons métalliques de forme spéciale, et on les porte aux moules. Ceux-ci sont en général disposés par groupes de 20 ou 30, et dépendants les uns des autres au moyen d'un entonnoir commun A; ces groupes sont placés dans des caisses B, enfermées elles-mêmes dans une

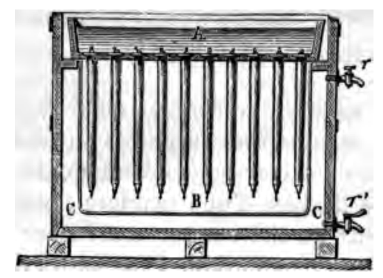


Fig. 330.—Moulage des bougies.

autre caisse C, disposée de telle sorte qu'entre B et C on puisse faire circuler un courant de vapeur. Par ce moyen, on chauffe le moule à 50° environ (l'air chassé sort en *r*, l'eau de condensation en *r'*), puis on verse la matière en A; lorsqu'elle commence à se

solidifier, on place sur la partie A, qu'on appelle la *masselotte*, deux poignées en métal, et c'est au moyen de ces poignées qu'on arrache la masselotte et les bougies qui s'y trouvent soudées, lorsque la matière est entièrement refroidie.

Un nouveau système de coulée plus rapide et plus économique est adopté, depuis quelques années, dans les plus grandes usines de Paris. Dans ce système, dont l'inventeur est M. Cabouet, dix groupes H'H', renfermant seize moules chacun, sont enfermés

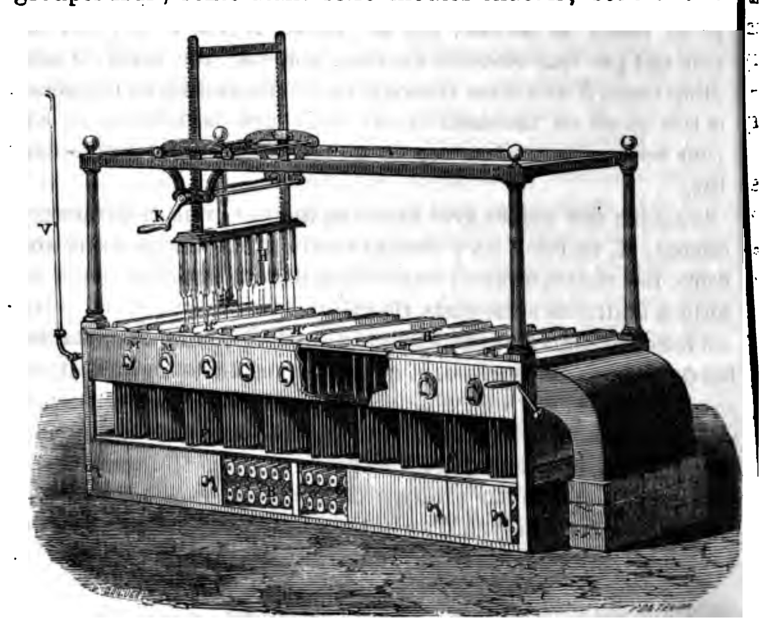


Fig. 331.—Machine pour le moulage rapide des bougies.

dans une caisse en tôle ; au-dessous de cette caisse s'en trouve une autre où les mèches sont enroulées sur des bobines horizontales B. Chaque bobine correspond à un moule, de telle sorte que la mèche peut se dévider d'une manière continue. Une crémaillère K, roulant sur un chariot, sert à arracher de chaque groupe les seize bougies qu'il renferme. Pour se servir de cet appareil, on chauffe d'abord les moules au moyen du tuyau de vapeur V', puis on coule, en recouvrant chaque groupe de petites plaques destinées à pincer les mèches (dans ce système, la masselotte est supprimée). Quelques instants après la coulée, on ouvre le registre du tuyau V, correspondant avec une machine soufflante ; l'air froid

ue celle-ci projette sur les moules en abaisse rapidement la tem-
érature, et bientôt les bougies se trouvent solidifiées. On amène lors la crémaillère K au-dessus de chaque groupe, on pince les laques correspondantes, et l'on enlève tout le groupe H de seize ougies; mais en même temps, les mèches, se déroulant des obines B, viennent se replacer dans les moules. Au moment où a pointe des bougies se présente à la partie supérieure de la aisse, on adapte les plaques destinées à pincer les mèches, et au noyen d'une petite alèse on sépare les bougies faites des mèches ui doivent servir aux suivantes. Les bondes en cuivre M sont estinées à donner de l'air à la caisse, si la chaleur communiquée ar la vapeur V′ se trouvait trop considérable.

Blanchiment. — Les bougies, après le moulage, sont portées sur es tables en bois disposées dans de vastes cours. Sur ces tables ont disposés des grillages à travers lesquels les bougies sont enfi-ées verticalement; on les abandonne de cette façon à l'action imultanée de l'air et de la lumière, de façon à leur faire acquérir a plus grande blancheur possible.

Polissage et rognage. — Il ne reste plus ensuite qu'à les laver, les olir et les rogner; ces deux dernières opérations s'exécutent au

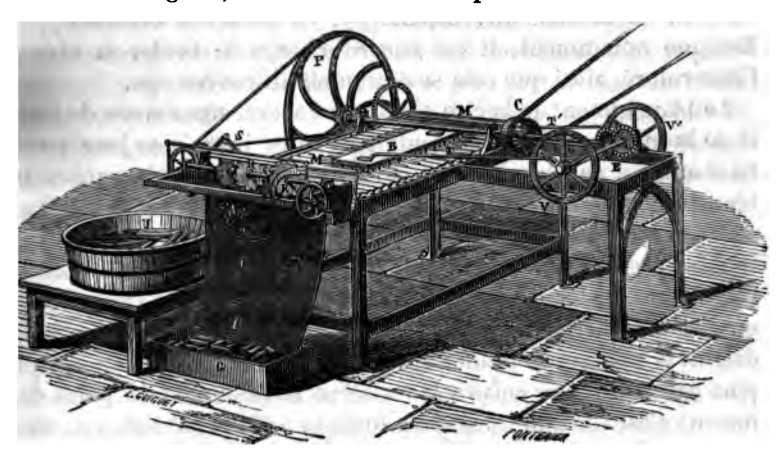


Fig. 332.—Machine à polir et rogner les bougies.

noyen d'une machine très-ingénieuse, due à M. Binet. Les bou-gies sont d'abord placées dans le baquet U, qui renferme soit de 'eau de savon, soit une solution à 1° de carbonate de soude, puis posées, la pointe touchant le guide S, sur les roues cannelées R; elles se présentent ainsi à un petit couteau circulaire qui les



rogne à la longueur voulue; de là elles tombent, en gardant leur position transversale, sur une table MM formée de rouleaux en bois roulant dans le même sens qu'elles sur des tourillons fixes. Là elles rencontrent une brosse B, qui, animée, grâce à TT', VV', d'un mouvement parallèle à leur axe, les brosse et les polit, de telle sorte qu'elles se présentent, à l'extrémité de la table, entièrement terminées, et prêtes à être livrées à la consommation.

IV. — BOUGIES ET CIERGES DE CIRE.

PROVENANCE DES CIRES EMPLOYÉES.

La cire des abeilles est, de temps immémorial, employée à l'éclairage; dure et peu fusible, elle constitue, en effet, une matière précieuse, mais que son prix élevé réserve toujours soit pour les éclairages de luxe, soit pour les objets destinés au service religieux.

La cire, telle que l'extrait l'agriculteur, est colorée tantôt en jaune, tantôt en vert, quelquefois elle est presque noire. C'est en cet état qu'elle est reçue par le cirier, qui se propose, avant toutes choses, de la blanchir. Cependant, en quelques contrées, en Espagne notamment, il est encore d'usage de brûler la cire à l'état coloré, ainsi que cela se pratiquait au moyen âge.

Le blanchiment de la cire a lieu par l'action simultanée de l'air et de la lumière; toutes les tentatives faites jusqu'à ce jour pour faire subir à ce blanchiment les métamorphoses qu'a subies le blanchiment des tissus ont échoué; le chlore et les hypochlorites altèrent considérablement la cire, et le produit qu'ils fournissent, friable, presque pulvérulent, n'a pu jusqu'ici être rendu propre à l'éclairage. Le blanchiment par l'air et la lumière exerce sur les qualités de la cire une influence remarquable : non-seulement il détruit la matière colorante et communique au produit un aspect plus agréable, mais encore il en élève notablement le point de fusion; c'est ainsi que des cires fusibles à 62° et 63° exigent, une fois blanchies, les températures de 64° et 65° pour entrer en fusion.

Les provenances des cires employées par les arts sont très-diverses; suivant leur origine, elles présentent des qualités variables, dépendant surtout de leur coloration et de la plus ou moins grande résistance qu'elles présentent au blanchiment. Les plus usitées sont les cires de France, de Hambourg, de Portugal,

de Russie, des Indes, de l'Amérique du Nord, etc.; ces cires sont en général d'un blanchiment facile. Il n'en est pas de même des cires de Dantzick, de Kœnisberg, du Gabon, du Sénégal, etc., qui résistent énergiquement à l'action de la lumière; cette dernière cependant est la plus usitée en Angleterre. Le Brésil récolte une quantité considérable de cire fournie par une abeille noire; cette cire est d'une dureté extraordinaire, elle est d'ailleurs très-abondante, mais jusqu'ici l'on n'a pu trouver le moyen de la blanchir. Parmi les cires françaises, les plus recherchées sont celles de la Bretagne et du Midi; celles de la Bourgogne, et généralement des départements de l'Est, sont d'un travail plus difficile.

BLANCHIMENT DE LA CIRE.

Les opérations sont d'ailleurs les mêmes, quelle que soit l'origine de la cire employée; le temps d'exposition à l'air et à la lumière est la seule chose qui varie; elles n'ont lieu, en général, que pendant les mois de mai, juin, juillet et août.

La cire est d'abord refondue dans des chaudières hémisphériques, en cuivre étamé, ou mieux doublé d'étain; la chaleur est fournie soit par un foyer placé sous les chaudières, soit par un serpentin de vapeur fermée qui les traverse; cette dernière disposition est préférable; la cire est d'abord découpée en petits morceaux au moyen d'un hachoir à main, puis portée dans des chaudières. Chacune de celles-ci B est d'une dimension telle, qu'elle en puisse renfermer 500 kilogr.; on y introduit la matière par fractions de 50 kilogr., et en ajoutant chaque fois 4 à 5 litres d'eau; un ouvrier remue constamment au moyen d'une spatule en bois; bientôt la cire fond et atteint un degré de fluidité convenable. Lorsque ce résultat est atteint, on ouvre un robinet *t* placé à la partie inférieure de la chaudière B (fig. 333.), et l'on coule le tout (eau et cire) dans des cuves en bois R, cerclées de fer. Là, on laisse reposer la matière, de manière à obtenir la séparation des impuretés qui se précipitent au fond avec l'eau, et afin de pouvoir prolonger longtemps ce repos sans que la cire se solidifie, on couvre les chaudières et on les entoure de couvertures destinées à empêcher le refroidissement. Ainsi purifiée, la cire est ensuite débitée en rubans minces destinés à faciliter, par l'emploi de surfaces multipliées, l'action de l'air et de la lumière sur les substances colorées qu'elle renferme.

L'instrument destiné à diviser la cire est désigné sous le nom de *grêloir;* il se compose d'une baignoire en bois, dans laquelle

circule constamment un courant d'eau froide; cette baignoire mesure environ 2 mètres de longueur, 40 cent. de largeur et



Fig. 333. — Appareil pour fondre et grêler la cire.

60 cent. de hauteur. A l'une de ses extrémités, en G, est placé l'instrument auquel appartient spécialement le nom de grêloir. C'est une sorte d'auge oblongue, en cuivre étamé, portant à la partie supérieure une passoire fine, et dont le fond, en forme de gouttière, est percé d'une file de trous de 2 millimètres de diamètre, et espacés de 13 millimètres. Au-dessous de cette file est disposé un large cylindre en bois auquel on peut, au moyen d'une manivelle M, communiquer un mouvement de rotation. Pour rubanner ou *grêler* la cire, on la verse dans l'auge en lui faisant traverser la passoire qui arrête toutes les impuretés solides qu'elle peut renfermer encore; de là elle s'écoule par la filière et tombe en filets minces sur le cylindre qui, par le mouvement rotatoire qu'il possède, amène ceux-ci au contact de l'eau, dans laquelle il est à moitié immergé; là, ces rubans se solidifient et se répandent dans toute la baignoire, d'où on les enlève au moyen de fourches; on les porte alors au dehors sur de vastes carrés de toile, mesurant à peu près 100 mètres carrés, et suspendus à 65 cent. du sol. Les rubans étalés sur ces toiles sont remués avec des mains en bois tous les huit ou dix jours; lorsqu'on juge que l'action décolorante de l'air et du soleil n'est presque plus sensible, on les empile dans des sacs, et on les laisse dans des magasins pendant quarante jours; la masse se modifie alors, se tasse, devient dure, et, suivant les ciriers, subit une sorte de fermentation. On la refond ensuite, on la grêle, on l'expose à l'air de nouveau, et l'on recommence ce traitement autant de fois qu'il est nécessaire pour obtenir un blanc parfait.

MOULAGE DE LA CIRE ET FABRICATION DES CIERGES ET BOUGIES.

Lorsque la cire est bien blanchie, on la refond ; puis, au moyen d'une sorte de burette nommée *éculon*, on la verse dans de petits moules creusés dans des tables en bois, et mesurant 11 millim. de profondeur et 60 millim. de diamètre. Ces moules sont d'abord trempés dans l'eau, pour empêcher l'adhérence de la cire qui s'y solidifie rapidement sous la forme des petits pains connus dans le commerce.

La fabrication des bougies et des cierges de cire peut avoir lieu de quatre manières différentes : 1° par *le moulage ;* 2° *à la plongée ;* 3° *à la cuiller ;* 4° *à la main.* De ces quatre méthodes, les deux premières nous sont déjà connues ; elles sont identiques à celles que l'on suit pour les chandelles ; souvent, cependant, aux moules en étain on substitue des moules en verre.

La méthode dite *à la cuiller* demande une grande habileté : la mèche est suspendue verticalement à un cerceau horizontal en fer, nommé *romaine ;* l'ouvrier la pince de la main gauche de manière à la maintenir rigide, puis il fait couler à la surface ou *jette* la cire fondue, au moyen d'une cuiller à manche qu'il tient de la main droite, au contact de la mèche ; la cire imprègne le coton, le recouvre, et, en renouvelant plusieurs fois cette opération, on arrive à donner à la bougie ou au cierge la grosseur voulue ; on prend alors l'objet ainsi fabriqué, on le porte sur une table en bois de gaïac bien polie, et on l'y roule rapidement en promenant constamment à sa surface une sorte de polissoir également en bois dur.

La méthode *à la main* ne s'emploie que pour les cierges de grandes dimensions ; elle consiste à étaler la mèche sur une table, et à la recouvrir peu à peu de cire non pas fondue, mais simplement ramollie dans l'eau tiède, que l'on applique soigneusement à la main. Le cierge terminé, amené à la grosseur voulue, est ensuite roulé sur une table polie, comme dans la méthode précédente.

V.—BOUGIES DIAPHANES DE BLANC DE BALEINE ET DE PARAFFINE.

BLANC DE BALEINE.

Le cerveau de quelques grands cétacés, celui du cachalot notamment, est entouré d'une huile grasse, mélange d'oléine et

d'une matière blanche, cristallisable, fusible à 44°, que la chimie désigne sous le nom de *cétine*. Cette matière est connue vulgairement sous le nom de *spermacéti*, ou blanc de baleine; ce dernier nom est, du reste, tout à fait impropre, car la tête de la baleine ne renferme précisément pas cette substance.

L'idée de faire servir la cétine à la confection des bougies est déjà fort ancienne ; mais le prix élevé des produits qu'elle fournit, son peu d'abondance, ont toujours empêché cette application de prendre un grand développement; cependant, en Angleterre surtout, elle possède une importance sérieuse. C'est surtout à la confection de ces bougies translucides, dites diaphanes, et obtenues en empêchant autant que possible la cristallisation de la masse, que la cétine est employée. Pour l'extraire de l'huile brute de cachalot et pour la purifier, on suit la marche suivante :

L'huile brute de cachalot est filtrée à travers de longs cylindres, servant d'enveloppes à des sacs en toile d'une grande solidité; l'extrémité supérieure des sacs, qui jouent le rôle de filtres, communique avec un réservoir d'alimentation, élevé de 2 mètres environ. L'huile filtre aisément par son propre poids, et abandonne dans les sacs la cétine, sous la forme d'une substance d'un brun foncé très-éclatant. On opère, en général, pendant les mois d'hiver, de telle sorte que, par le refroidissement, la plus grande partie possible de la cétine contenue dans l'huile se dépose à l'état cristallin avant le filtrage.

Le produit brut est ensuite légèrement pressé, puis refondu, abandonné à la cristallisation lente, pulvérisé sous des meules, puis soumis de nouveau à la pression sous une charge beaucoup plus considérable.

Après cette deuxième pression, on refond encore la matière pour lui enlever les dernières portions d'huile, on la fait bouillir quelque temps avec une lessive faible de soude caustique ; celle-ci n'exerce aucune action sensible sur la cétine, mais elle saponifie promptement l'oléine qui se trouve enlevée à l'état de savon. Le produit, qui se trouve ainsi amené à un grand état de pureté, est ensuite et pour la dernière fois pressé; l'opération a lieu à chaud, dans les presses horizontales chauffées à la vapeur, dont fait usage la fabrication des bougies stéariques. Enfin, on termine la série de ces opérations en fondant de nouveau ce produit pressé, et le maintenant quelques instants à la température de 113° cent., en présence d'une forte lessive de soude.

La cétine, purifiée de cette façon, est d'une blancheur et d'une

limpidité parfaites : on la coule en bougies par les procédés ordinaires du moulage, en l'agitant autant que possible avant la coulée, et lui ajoutant 3 pour 100 de cire, afin d'éviter la cristallisation et d'obtenir un produit parfaitement translucide.

PARAFFINE.

Vers l'année 1829, Reichenbach découvrit, parmi les produits volatils fournis par la distillation du bois de hêtre, un carbure d'hydrogène solide, ressemblant au blanc de baleine par son aspect, et auquel son indifférence chimique fit donner le nom de paraffine (*parum affinis*). Depuis cette époque, les sources de paraffine se sont multipliées, et la chimie a su en démontrer la présence dans les huiles et les goudrons provenant de la distillation de la cire, des différentes essences de bois, des houilles bitumeuses, des shistes, de la tourbe, etc. D'un autre côté, cette remarquable substance a été découverte en proportions considérables dans l'huile de pétrole naturelle, et surtout dans le goudron naturel de Rangoon, dont l'empire birman importe en Angleterre de si grandes quantités.

Quelle que soit son origine, la paraffine possède une composition chimique toujours identique; elle renferme 86,33 de carbone et 13,37 d'hydrogène, et se rapproche par conséquent d'une manière remarquable du gaz oléfiant que l'on considère, à juste titre, comme le type des combustibles éclairants. Mais si la composition de la paraffine est toujours la même, elle présente, suivant son origine et son mode de préparation, des différences considérables dans ses propriétés physiques et surtout dans sa fusibilité. Aussi voit-on les chimistes fixer son point de fusion tantôt à 31°,86 comme Laurent, tantôt à 65°,37 comme M. Bolley, tantôt à des chiffres intermédiaires. Ces différences font considérer la paraffine comme n'étant jamais un produit parfaitement défini, mais comme renfermant un nombre inconnu d'isomères fusibles à des degrés différents.

La fabrication des bougies de paraffine est pratiquée en Angleterre sur une échelle industrielle, principalement par la compagnie puissante connue sous le nom de *Price's patent candle company*; en France, elle a donné lieu à des tentatives intéressantes, parmi lesquelles il faut citer surtout celle de MM. Masse et Tribouillet, vers 1850, et celle que poursuivent MM. Cogniet depuis quelques années.

La paraffine qu'emploie l'industrie est fournie souvent par la

distillation des schistes bitumineux. En France, en Angleterre, en Allemagne, un traitement convenable permet d'extraire des goudrons peu volatils que laisse la distillation des quantités notables de paraffine. L'huile de pétrole naturelle, dont des sources si importantes ont été découvertes en Gallicie, en Italie, dans l'Amérique du Nord (Pensylvanie et Ohio), etc., en fournissent également; mais c'est principalement du goudron de Rangoon (*Burmese naphta or Rangoon tar*) que l'industrie extrait aujourd'hui la paraffine. Ce goudron, en effet, que l'on trouve dans le terrain houiller de l'empire birman, sur les bords de l'Irrawadi, à une profondeur qui ne dépasse pas 18 mètres, ne renferme pas moins de 10 pour 100 de paraffine.

L'extraction de la paraffine est conduite, en Angleterre, de la manière suivante : on commence par distiller à la vapeur soit le goudron de Raugoon, soit l'huile de schiste contenant la paraffine; on élimine de cette façon tous les hydrocarbures aisément volatils. Le résidu de la distillation qui, pour le goudron, ne s'élève pas à moins de 75 pour 100, est fondu, puis traité par 2, 4, 6 ou même 8 pour 100 d'acide sulfurique, qui produit un abondant précipité noir. La matière liquide surnageante est lavée soigneusement à l'eau, puis introduite dans un alambic où elle est distillée au moyen de la vapeur surchauffée. Les produits de la distillation sont fractionnés soigneusement; jusqu'à 150°, ils ne renferment pas de paraffine; à 150°, celle-ci apparaît dans les produits, et la proportion en augmente jusqu'à la température de fusion du plomb (330°); à ce moment, la paraffine devient très-abondante, les matières distillées se solidifient par le refroidissement, et deviennent susceptibles d'être pressées comme les pains d'acides gras. Les produits distillant près de 150°, et qui sont encore liquides, sont soumis à des distillations fractionnées successives, de manière à isoler la paraffine et à l'amener au même état que les produits distillés depuis 200 et quelques degrés jusqu'au point de fusion du plomb.

La paraffine brute est fondue et abandonnée à un refroidissement très-lent, qui lui fait prendre l'état cristallin; on la presse alors lentement, de manière à exprimer la plus grande partie de l'huile qu'elle renferme. On la refond de nouveau, et on la traite par 50 pour 100 d'acide sulfurique à la température de 180°. En deux heures, la paraffine se sépare de l'acide; on la lave deux fois à l'eau bouillante, on la coule en gâteaux, puis on la presse une dernière fois entre des étreindelles, en chauffant légèrement les

›laques de la presse. On la refond alors, on lui ajoute 5 pour 100 le stéarine, et on la coule dans les moules à la manière ordi-ıaire.

Cette méthode a été modifiée d'une manière aussi heureuse ןu'élégante par MM. Cogniet. Ces habiles industriels ont remar-ןué que si l'on mélange la paraffine impure avec des sulfures de arbone, celui-ci exerce son action dissolvante sur les goudrons .oirs qui la souillent, avant d'agir sur la paraffine. Partant de ette observation, ils prennent la paraffine brute et colorée, l'em-âtent avec une petite quantité de sulfure de carbone, puis sou-ıettent le tout à une pression modérée; le sulfure de carbone 'écoule et entraîne avec lui les matières colorantes (brai et gou-.ron) qui souillent la paraffine, de telle sorte qu'en répétant deux ›u trois fois cette opération, on obtient la paraffine dans un état .e pureté et de blancheur parfaites. MM. Cogniet emploient l'ailleurs des hydrocarbures légers et volatils, comme le pétro-éum, aussi bien que le sulfure de carbone. Il ne reste plus alors ןu'à refondre la paraffine et à la couler pour la transformer en ›ougies d'une translucidité remarquable. Cette méthode de puri-ication paraît, *à priori*, plus simple et plus avantageuse que la ›remière; mais, malgré ces perfectionnements, la bougie de ›araffine reste toujours d'un prix élevé et ne peut, comme la ›ougie de cire et celle de spermacéti, figurer que dans les éclai-rages de luxe.

AIMÉ GIRARD.

ÉCLAIRAGE PAR LE GAZ

I.—HISTORIQUE DE L'INDUSTRIE DU GAZ.

L'industrie de l'éclairage au gaz est toute moderne, et pour en faire l'historique on n'est guère obligé de remonter à plus d'un siècle en arrière. Dire toutes les luttes, toutes les difficultés qui ont présidé à sa naissance, c'est faire l'histoire de toute création industrielle. Le cadre de cet ouvrage ne nous permettant pas d'en retracer les incidents, nous nous bornerons à un exposé rapide de ses principaux développements. Nous n'avons pas à considérer si, comme on le rapporte, les Chinois utilisent, depuis un temps immémorial le gaz qui se dégage spontanément de leurs mines: ce n'est ici que l'application d'un produit naturel un peu plus délicate que celle des graisses et des huiles.

Le premier fait bien constaté historiquement est l'expérience de James Clayton en 1739. Étudiant l'action du feu sur le charbon de terre renfermé dans un vase clos, il constata que ce corps se dissocie en quatre parties de propriétés physiques différentes: un gaz doué de la propriété de brûler à l'air au contact d'un corps en ignition, une eau odorante chargée d'alcali volatil, du goudron et enfin un résidu sur lequel le feu n'opère plus : le coke. En même temps il établit nettement la propriété éclairante du fluide qu'il savait recueillir et dépenser. Vers la même époque Haley constata le passage à la distillation d'un gaz inflammable et la perte de poids que subit la houille pendant cette opération. En 1767, l'évêque de Llandoff fit des observations analogues aux précédentes et remarqua de plus que le gaz ne s'enflamme pas seulement à l'orifice de dégagement de la cornue mais encore après s'être lavé dans l'eau et avoir parcouru deux grands tubes recourbés.

Comme on le voit, tous ces faits ne sortent pour ainsi dire pas du laboratoire ; c'est l'ébauche première de l'analyse d'une matière encore étrangère à la science.

Vingt ans plus tard, en 1785, Philippe Lebon entreprit une étude suivie de la décomposition du bois par la chaleur en vase clos et s'appliquant à en utiliser tous les produits, il proposa

l'emploi du gaz pour l'éclairage et comme force motrice, mettant à profit la force d'expansion produite quand on le fait détonner dans un espace clos en présence d'un excès d'air atmosphérique. Des expériences d'éclairage public, eurent lieu et furent concluantes; cependant l'indifférence du public fit échouer ces tentatives et Lebon mourut avant d'avoir vu sa découverte sanctionnée par la pratique.

Vers 1802, un Allemand, Winsor, homme doué d'une activité et d'une ténacité incroyables, reprit les expériences de ses prédécesseurs. Il publia en allemand et en anglais la traduction du mémoire de Lebon à l'Institut, et parvint avec des peines inouïes à faire adopter dans un quartier de Londres le nouveau mode d'éclairage.

En 1815, Winsor vint à Paris et entreprit de réédifier l'œuvre écroulée de Lebon. Par de nombreuses publications il essaya d'éveiller l'attention publique, fit parler l'expérience elle-même, et bientôt un salon du passage des Panoramas, puis le passage entier, furent éclairés par lui. L'industrie de l'éclairage au gaz était fondée définitivement. Mais Winsor, ingénieur plus courageux qu'habile administrateur, vit son œuvre si laborieusement érigée s'affaisser graduellement. Quelques années après, en 1820, Pauwels, à qui l'industrie du gaz doit ses plus heureux perfectionnements, racheta les actions de la compagnie fondée par Winsor, et, patronné par Louis XVIII, organisa l'usine Poissonnière qui devint le point de départ des autres établissements de ce genre que Paris compte aujourd'hui.

II.—MATIÈRES PREMIÈRES EMPLOYÉES POUR LA FABRICATION DU GAZ.

Nous venons de voir que l'étude de l'action du feu sur la houille a conduit aux premières notions du gaz de l'éclairage et que Lebon avait proposé l'emploi du gaz de bois, tout en affirmant que les graisses et la houille, distillées dans son appareil, pouvaient fournir un gaz propre à l'éclairage. Ces matières ne sont pas les seules, et l'on s'est servi à différentes époques, selon les convenances, de résines, de tourbes, de *boghead* et de corps gras proprement dits; cependant, de toutes les substances la houille est certainement la plus avantageuse, car elle donne par 100 kilogrammes environ 22,000 litres de gaz, du coke dont la valeur est plus de moitié égale à la sienne, du goudron et de

l'ammoniaque; il n'est pas même jusqu'aux scories dont on ne puisse tirer parti. Nous avons fait voir, en effet, que ce silicate multiple ou mâchefer, pulvérisé finement et mélangé par moitié avec de l'argile constitue après cuisson une matière d'une dureté et d'une sonorité considérable qu'on utilise au dallage des ateliers de distillation.

La nature des houilles est si diverse que, de prime abord, on comprend que toutes ne doivent pas remplir le but que se propose d'atteindre la fabrication; la houille n'est point un corps homogène, elle paraît au contraire formée au moins de deux principes différents : l'un, soluble dans l'éther, le sulfure de carbone, les hydrocarbures volatils, constitue le corps appelé principe gras des houilles; l'autre, insoluble dans les mêmes dissolvants, se ramollit à peine au feu. Le premier de ces corps est un produit brun rougeâtre, à odeur de benzine, qui s'oxyde à l'air; aussi l'altération que subit la houille exposée à l'air paraît-elle porter tout entière sur lui.

La houille est en effet soumise à une cause de détérioration constante. M. de Marsilly a constaté qu'à l'air libre, dans le vide ou sous pression elle dégage de l'hydrogène protocarboné ou bien de l'azote et de l'acide carbonique, et que le principe gras qui facilite la formation du coke s'altère au point qu'une houille exposée quelques mois à l'air devient impropre à la fabrication.

L'étude chimique du principe gras des houilles est encore à faire; il est probable qu'elle permettrait d'expliquer (ce que l'analyse élémentaire ne peut faire) pourquoi deux houilles de composition identique donnent à la distillation des produits différents en qualité et en quantité.

On admet généralement que dans une houille la proportion d'hydrogène réellement utile à la formation du gaz est représentée par la quantité qui se trouve en excès sur la somme d'oxygène que contient le corps.

Cette donnée théorique qui, appliquée aux graisses, aux huiles et aux résines, se rapproche de la vérité, est certainement erronée pour la houille, matière complexe, et ne se vérifie même pas pour des isomères comme le ligneux, le sucre et l'amidon.

Aussi sommes-nous convaincu que l'analyse élémentaire d'une houille ne peut, dans l'état actuel de la science, conduire à la connaissance de la valeur et de la quotité des produits qu'elle fournira à la distillation.

Pour se renseigner à ce sujet, le fabricant devra toujours es-

sayer dans un appareil spécial, réalisant autant que possible les conditions de la fabrication en grand, la houille qu'il veut mettre en travail. L'expérience a prononcé depuis longtemps sur celles qu'on doit choisir de préférence. En première ligne, on place le *cannel-coal*, le *flènu* de Mons, en un mot les houilles à longue flamme. On se garde d'employer celles qui sont très-pyriteuses; car le soufre, en s'échappant à la distillation sous forme d'hydrogène sulfuré, enlève à la matière son élément le plus précieux, l'hydrogène. Il est utile également de tenir compte de la nature du coke obtenu : celui-ci doit être dur et ne laisser que peu de cendres par la combustion.

III.—THÉORIE DE LA DISTILLATION.

Le phénomène de la décomposition des matières organiques pour la production du gaz est des plus simples. Il se résume tout entier dans l'application raisonnée du feu à l'abri de l'air sur un corps composé (c'est le cas le plus simple), d'au moins trois éléments : carbone, hydrogène et oxygène.

Examinons ce qui se passe lorsqu'on applique graduellement la chaleur à un composé de cette nature : bois, lignite, tourbe.

La plupart des corps dont la quantité d'oxygène est considérable sont ordinairement infusibles. On n'observera donc pas de changement appréciable jusqu'à 100 degrés, et la température s'élevant jusqu'à 150 ou 200 degrés, la matière perdra toute son eau d'interposition. Passé ce point, le phénomène de décomposition commencera à se révéler. Alors les éléments qui ont le plus de tendance à s'unir : oxygène et hydrogène, oxygène et carbone, apparaîtront tout d'abord sous forme d'eau, et d'acide carbonique accompagnés de quelques gaz légers inflammables; si, à cette période, la chaleur reste fixe, la décomposition s'arrêtera : c'est qu'une nouvelle substance, indécomposable à cette température, aura pris naissance. Mais qu'on augmente le feu, la combinaison nouvelle, très-stable puisqu'elle s'est produite à une température élevée, ne pourra cependant résister. Il y aura de nouveau formation d'eau, mais en faible quantité ; la proportion d'acide carbonique augmentera, l'oxyde de carbone commencera à apparaître et l'hydrogène, en vertu de sa tendance à reprendre l'état gazeux, se montrera uni au carbone sous forme de produits gazeux et liquides.

Si à ce moment nous examinons le produit restant dans la cor-

nue, nous nous trouverons en présence d'un immense excès de carbone, de l'hydrogène et d'une petite quantité d'oxygène. Mais si nous faisons agir une température plus élevée encore, l'hydrogène, s'unissant au carbone, donnera des corps à équivalent très-élevé et par conséquent peu volatils; l'oxygène s'échappera sous forme d'oxyde de carbone mêlé d'hydrogène libre et de gaz des marais, et le résidu sera du carbone, si la matière première ne contenait pas de cendres. Si le corps soumis à la distillation est plus complexe, si c'est de la houille, par exemple, l'azote se dégagera dans la première moitié de l'opération sous forme d'ammoniaque et de cyanogène, le soufre sous celle de sulfhydrate, de sulfure de carbone et de sulfocyanure.

Tels sont les phénomènes qu'on observera si la chaleur est appliquée graduellement; si au contraire la décomposition est brusque, la régularité de la réaction disparaîtra, les mêmes corps prendront naissance, mais ils réagiront les uns sur les autres et se compliqueront de produits nouveaux.

En règle générale, on peut dire que plus la température sera élevée, plus la quantité de gaz sera grande ; plus elle sera faible, plus abonderont les produits liquides et plus faible sera le volume du gaz.

IV.—FABRICATION DU GAZ DE L'ÉCLAIRAGE.

DISTILLATION DE LA HOUILLE.

Le principe sur lequel repose la fabrication du gaz réside donc tout entier dans l'application de la chaleur à une matière organique en vase clos.

Le premier appareil dont on ait fait usage se composait d'une espèce de fourneau portatif dans lequel on introduisait verticalement une cornue. Celle-ci se fermait au moyen d'un obturateur portant un tube à dégagement qui conduisait les gaz dans une caisse à trois compartiments. Le premier était à moitié rempli d'eau et recevait le tube plongeur de la cornue; le second, destiné à absorber les acides sulfhydrique et carbonique, contenait une solution d'alcali caustique : potasse ou lait de chaux; le troisième recevait les produits liquides de la distillation. Des tubes à entonnoir placés sur chacun des compartiments permettaient de changer les liquides intérieurs; la vidange se faisait par des robinets fixés à la paroi inférieure. Le gaz sortant de cet appareil se

rendait dans le gazomètre. Celui-ci, de forme carrée, consistait en une grande caisse remplie d'eau dans laquelle s'enfonçait la cloche. Le tube d'arrivée du gaz, entrant à angle droit au centre de la caisse, venait affleurer le liquide. La cloche portait un tube vertical de petit diamètre ouvert dans toute sa longueur. Il en résultait que la cloche, arrivée au bout de sa course, laissait échapper son excédant de gaz pour redescendre ensuite; à ce moment, le tube plongeant dans le liquide interceptait toute communication avec l'intérieur de la cloche et l'atmosphère. La distillation terminée, on laissait refroidir la cornue pour recommencer une nouvelle opération.

Clegg perfectionna bientôt ce procédé. Dans son système, le fourneau, au lieu d'être mobile, est fixe; il est construit en briques immédiatement exposées à l'action du feu et récrépies avec de la terre à four. La cornue, fixée à la maçonnerie, est horizontale et porte à la tête, qui est extérieure, un tube à dégagement vertical plongeant dans un cylindre creux horizontal destiné à recevoir le goudron et l'eau ammoniacale. Un trop-plein, placé aux deux tiers de la hauteur, permet aux liquides de s'écouler tout en assurant au tube plongeur un niveau constant. A la sortie de ce cylindre (barillet) le gaz va se refroidir dans un serpentin placé au sein de la cuve à eau du gazomètre, en abandonnant les produits liquides entraînés mécaniquement; enfin il se dépouille, dans la caisse à compartiments citée plus haut, des acides carbonique et sulfhydrique, et de l'ammoniaque, pour passer au gazomètre. Du reste, dans ce cas encore, il faut laisser refroidir pour recharger après la distillation.

Les appareils employés aujourd'hui présentent peu de différences avec celui que nous venons de décrire; mais on s'est attaché à rendre le travail continu et, en multipliant dans chaque four le nombre des cornues, à réaliser une plus grande économie de combustible.

Les fours sont adossés deux à deux. Ils contiennent cinq, le plus souvent sept cornues. Elles sont en fonte ou en terre; l'emploi de ces dernières tend à se généraliser de plus en plus. Elles affectent différentes formes : elliptiques, circulaires, en tombeau; la plus habituelle est celle d'un ⌓ renversé dont les angles sont arrondis. Elles portent, à la partie antérieure qui est renflée, des échancrures destinées à recevoir, par l'intermédiaire de boulons, une tête en fonte de même forme que la cornue. Une tubulure ménagée dans la tête reçoit le tube abducteur. La fermeture de la

cornue se fait par un obturateur ou tampon luté avec de la terre à four et maintenu par une vis de pression.

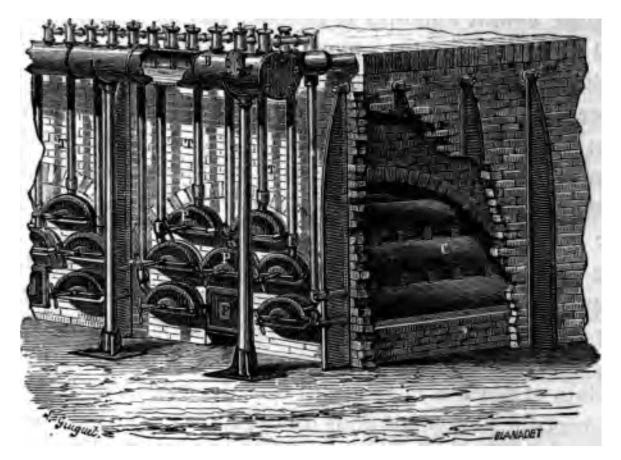


Fig. 334.—Batterie de sept cornues pour la fabrication du gaz.

C, cornues au nombre de sept que laisse voir l'arrachement de la paroi du four.
P, Têtes de cornues maintenues par des vis de pression.
F, foyer de la batterie.
T, tubes verticaux adaptés à chaque tête de cornue pour le dégagement du gaz.
B, barillet dans lequel plongent les tubes T après s'être recourbés.

Dans le travail ordinaire de l'atelier, lorsqu'on opère la charge de la cornue, celle-ci est au rouge vif. Les premières portions de charbon qu'on y projette distillent immédiatement et la remplissent de gaz, de sorte que lorsque l'ouvrier pose l'obturateur, la cornue ne contient plus d'air. Mais l'introduction d'un corps froid en a abaissé considérablement la température ; aussi se passe-t-il pendant la première demi-heure ce que nous avons observé dans une cornue qu'on chauffe graduellement : les gaz qui passent les premiers sont peu éclairants. Dans la seconde heure, le produit est très-riche et abondant, puis la production diminue rapidement, en même temps que la qualité du gaz. Autant que possible, la température doit être régulière, ne pas tomber au-dessous du rouge-cerise ni dépasser le rouge vif ; car, dans ce dernier cas, le gaz se décomposerait au contact des parois trop chauffées, et les huiles elles-mêmes se dédoubleraient en gaz léger et en naphtaline. Celle-ci, entraînée par le courant gazeux, obstruerait rapidement les conduites.

La durée de la distillation varie avec la nature des houilles,

lle doit être déterminée par un essai préalable. Les signes d'une onne distillation sont faciles à apprécier d'après l'aspect du coke; l'ouverture de la cornue, celui-ci doit être blanc et ne laisser égager aucun gaz; s'il est brun et fuligineux, la distillation est ıcomplète.

L'introduction de la cornue en terre dans l'industrie du gaz, ınovation due à MM. Wilson et Devèze, est l'une des plus heuəuses qu'on ait faites. Cependant cette nouvelle cornue n'est oint sans inconvénients. Elle est exposée à se fendre, et sa porotė permet au gaz de la traverser jusqu'à ce que le goudron, en ə décomposant, en ait comblé les pores. De plus, elle ne peut ɔpporter, sans une perte notable, la pression résultant du pasıge du gaz à travers les épurateurs. Pour y parer, on a imaginé

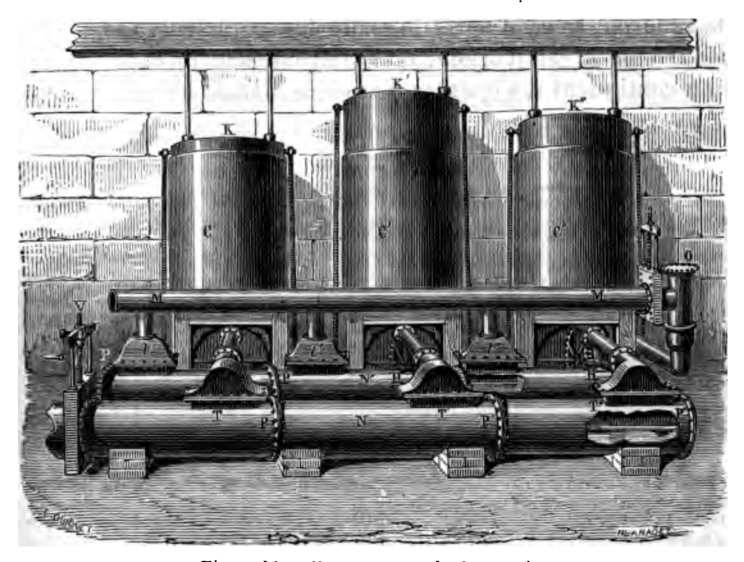


Fig. 335.—Extracteurs de Pauwels.

:, K', K'', cloches de 2 mèt. cubes, destinées à aspirer et à refouler le gaz.
I, conduite amenant directement le gaz du barillet.
, t', t'', tuyaux affleurant l'eau dont est à moitié rempli le tuyau N'.
I', large tuyau cloisonné en trois chambres distinctes correspondant chacune à l'une des cuves K, K' K''.
H, H' H'', tuyaux amenant dans les cuves K, K', K'', le gaz aspiré de M, et qui séjourne dans les chambres de N'.
T, T', T'', tuyaux continuant les tuyaux H, H', H'' et ramenant dans la conduite N le gaz refoulé par l'abaissement des cloches.
O, valve d'entrée.
P, conduite emmenant le gaz aux appareils d'épuration.

ın appareil, dit *extracteur*, qui permet de réduire de 15 ou 8 centimètres à moins de 1 centimètre la pression que le gaz ·xerce sur la cornue. Celui que représente la figure 335, imaginé

par Pauwels et M. Arson, l'habile ingénieur de la Compagnie parisienne, fonctionne à l'usine d'Ivry. Il est remarquable par sa simplicité et sa précision.

La marche de ces trois aspirateurs est organisée de telle manière que, lorsque le premier est au bout de sa course, le second se lève et le troisième est à moitié de sa hauteur. Leur capacité respective est d'environ 2 mètres cubes. On peut remplacer ce système par une pompe rotative qui a l'avantage d'occuper un volume beaucoup moindre, mais qui laisse sur les cornues une pression de 1 centimètre, tandis qu'avec le système précédent, la pression peut être réduite à 1 ou 2 millimètres.

Il est facile de suivre, sur la figure 336, la marche du gaz dans les appareils : sortant de la cornue, il déplace la colonne de liquide (8 centim. environ) du barillet où se condensent l'eau et le goudron, se rend après la sortie des extracteurs par la conduite O dans le jeu d'orgue, où le refroidissement et la condensation continuent à s'opérer ; il passe de là dans les cuves d'épu-

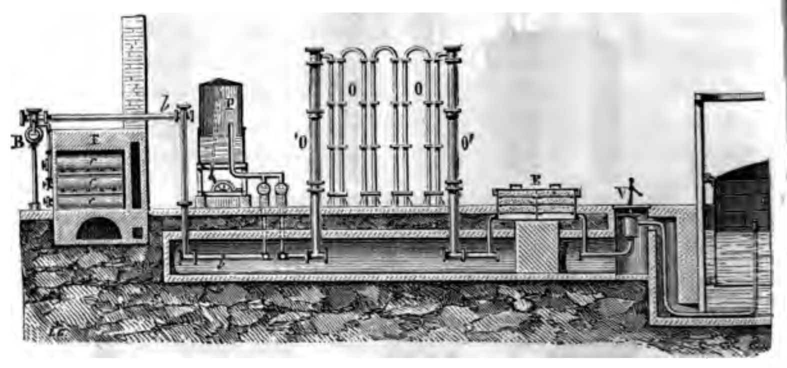


Fig. 336.—Vue d'ensemble des appareils pour la fabrication du gaz.

F, foyer de distillation.
c, c, c, cornues.
B, barillet.
b, p, tuyaux de conduite du gaz.
P, Extracteurs de Pauwels.
O, O, O′, tuyaux constituant le jeu d'orgues.
E, cuves d'épuration.
V, valve réglant la sortie du gaz.
G, gazomètre.

ration ; enfin il arrive au gazomètre après avoir subi la série de préparations qui le rendent propre à l'éclairage et qui constituent une des parties les plus importantes de la fabrication du gaz : l'épuration. Elle se divise naturellement en deux parties distinctes : l'épuration physique et l'épuration chimique.

ÉPURATION PHYSIQUE.

Au sortir du barillet où l'eau et le goudron, qui distillent en

même temps, se sont condensés, le gaz entraîne mécaniquement une quantité notable de ces deux produits qu'il importe d'éliminer; le jeu d'orgues qu'il traverse au sortir des extracteurs a pour fonction essentielle de le diviser, de le refroidir en le mettant en contact avec des surfaces dont la température tend sans cesse à se mettre en équilibre avec celle de l'air ambiant, et enfin à le dépouiller par l'effet combiné du frottement et de l'abaissement de température, de ces substances qu'il entraîne à l'état globulaire. A la sortie du jeu d'orgues, la condensation n'est pas complète, la colonne à coke a pour but de compléter cette épuration. Ici le gaz, obligé de se diviser encore davantage, met toutes ses parties en contact avec un corps solide dont l'action est encore augmentée par l'écoulement d'un mince filet d'eau. Cette partie de l'épuration mérite une attention particulière; le gaz, à la sortie, doit être autant que possible dépouillé du goudron qui, se condensant plus tard dans les cuves, rendrait bien vite inactives les substances épurantes qu'elles contiennent. Une bonne épuration physique est la condition essentielle d'une facile épuration chimique.

ÉPURATION CHIMIQUE.

Arrivé à ce moment de la fabrication, le gaz dépouillé d'eau et de goudron retient encore l'acide sulfhydrique, de l'ammoniaque et de l'acide carbonique. L'élimination de ces corps, par des agents chimiques appropriés, constitue la seconde partie de l'épuration. Dans les premiers temps, on croyait atteindre le but en employant de l'eau pour l'absorption de l'ammoniaque, et un lait de chaux pour celle des acides sulfhydrique et carbonique; mais ces moyens étaient évidemment insuffisants.

Élimination de l'ammoniaque. — La première innovation a été l'emploi de l'acide sulfurique pour éliminer l'ammoniaque. Quand la solution est étendue, il n'y a aucun résultat fâcheux à craindre relativement à l'absorption des hydrocarbures éclairants; mais l'acide sulfurique, dont la tension de vapeur est nulle à cette température, se trouve entraîné mécaniquement et attaque les conduites qu'il finit par détruire complétement.

L'emploi des acides fut abandonné quand, en 1840, M. Mallet proposa les solutions métalliques : sulfate de fer, chlorure de manganèse et de fer, résidus de la préparation du chlorure de chaux. Ces corps sont, en effet, d'une grande activité. Il s'opère entre le carbonate d'ammoniaque que renferme le gaz impur et ces corps, une double décomposition d'où résultent du chl

drate d'ammoniaque, du carbonate de manganèse et de l'oxyde de fer; une fois en liberté, ces derniers corps absorbent l'acide sulfhydrique.

Dans ce procédé, les dissolutions épurantes sont contenues dans une série de laveurs disposés en cascade et au nombre de trois. Le tube qui amène le gaz plonge de 2 ou 3 centimètres dans la solution. Un diaphragme, pour opérer un contact plus parfait, divise les bulles à l'arrivée, et des agitateurs déterminent le dépôt du précipité au fond de la cuve. Les laveurs sont munis de robinets qui permettent d'examiner de temps en temps le degré de saturation du liquide. La disposition en cascade des laveurs permet de faire passer de l'un dans l'autre la solution métallique, de telle façon que la caisse inférieure, dans laquelle entre le gaz après la saturation, reçoit le liquide de la seconde, celle-ci de la troisième, qui elle-même est remplie d'une solution nouvelle. De cette façon l'élimination de l'ammoniaque est complète, et une partie de l'acide sulfhydrique est fixée. La quantité de chaux employée pour l'épuration de ce dernier se trouve alors notablement diminuée. Malgré cet avantage, ce procédé a dû être abandonné; en effet, pour faire réagir le gaz sur la dissolution du sel, il fallait faire plonger le tube abducteur dans le liquide, et il en résultait une augmentation de pression sur les cornues; de plus, la dissolution métallique devait être très-étendue, sous peine de voir le liquide se transformer en une masse boueuse de précipité que le gaz ne pénétrait plus que difficilement.

On imagina alors la cuve sèche, formée de sciure de bois im-

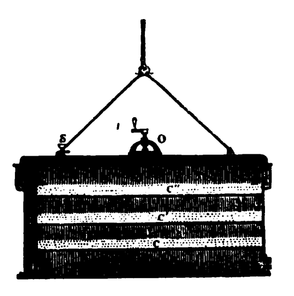


Fig. 337.—Coupe verticale d'une cuve d'épuration.

U, arrivée du gaz.—C, C′, C″, claies couvertes de matières épurantes.—H, départ du gaz.—O, trou d'homme.

prégnée de la dissolution des chlorures concentrés. On obtient ainsi une matière poreuse qui, placée sur des claies, se laisse faci-

lement traverser par le gaz. Cette cuve est à trois étages, portant chacun une couche de 40 à 50 centimètres de sciure préparée. Le

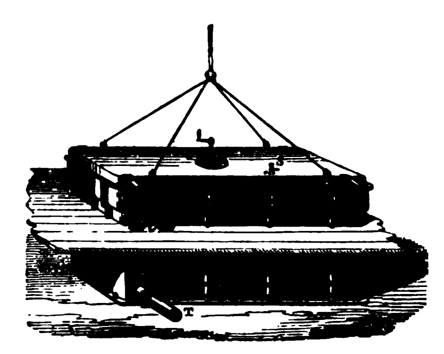


Fig. 338.—Vue perspective d'une cuve d'épuration.

gaz arrive par le fond, s'épure en partie en passant à travers la claie inférieure, et achève son épuration dans les deux couches supérieures. Quand la matière épurante de la couche inférieure se trouve saturée, on intercepte le passage du gaz dans cette cuve, on enlève la claie pour descendre les deux autres d'un étage, puis un mélange de matières fraîches vient remplacer la claie supérieure. Ce procédé suivi exactement suffit pour dépouiller le gaz de toute son ammoniaque.

Il y a plusieurs années, M. Cavaillon a proposé, pour l'épuration de l'ammoniaque, un procédé fondé sur la décomposition qui s'opère entre le sulfate de chaux et le carbonate d'ammoniaque. Dans ce but, il proposait d'employer un mélange de plâtras, d'acide sulfurique et d'une matière inerte, la tannée; le prix de la matière première employée est tellement faible que ce procédé l'emporterait en économie sur tous les autres, si son activité leur était comparable; mais il n'en est rien.

Nous avons pu vérifier, en effet, sur une grande échelle la valeur de ce procédé; voici la moyenne des résultats obtenus :

Durée de l'opération	23 heures.
Quantité de plâtras employée	18 hectolitres.
Ammoniaque existant dans le gaz par mètre cube..	6 gr. 24.
Ammoniaque restant dans le gaz après le passage sur les plâtras	2 gr. 24.
Quantité de gaz employé	11,910 m. cubes.

On voit par ces chiffres que le tiers de l'ammoniaque n'est pas fixé. Nous n'entendons pas dire que ce procédé soit inapplicable,

nous reconnaissons même le contraire, mais à la condition de multiplier les épurateurs et d'humecter souvent la matière qui se trouve rapidement dépouillée par le gaz de l'eau ajoutée dans la préparation de la cuve. Nous avons même reconnu que, dans une certaine limite, l'activité des plâtras s'accroît avec la quantité d'eau.

Un autre procédé, proposé par M. Penot, et qui paraît avantageux dans une petite usine, consiste dans l'emploi du sulfate de plomb, résidu de la préparation de l'acétate d'alumine. On obtient avec ce corps une épuration double. En effet, le carbonate d'ammoniaque le transforme en sulfate d'ammoniaque et en carbonate de plomb, qui, sous l'influence de l'acide sulfhydrique, se décompose en acide carbonique et sulfure de plomb. Après un lavage qui élimine le sel ammoniacal, le sulfure de plomb, grillé à l'air, régénère le sulfate. Les chlorures de calcium et de baryum sont des substances avec lesquelles il est facile d'arriver à une épuration complète et qu'on emploie à la manière des sels métalliques. Dans des recherches sur l'épuration de l'ammoniaque, entreprises de concert avec M. Arson, nous sommes arrivé, il y a quatre ou cinq ans, à obtenir une épuration complète sans l'emploi d'aucun agent autre que l'eau. Il suffit, en effet, de placer dans les cuves des lits assez épais de sciure imprégnée d'eau pour fixer le carbonate d'ammoniaque. La manipulation est la même que pour les sels métalliques. Les eaux ammoniacales résultant du lessivage des matières saturées sont ensuite traitées dans l'appareil de M. Mallet. Une pratique de plusieurs années semble avoir sanctionné les résultats économiques de ce nouveau procédé.

Élimination de l'acide sulfhydrique.—La chaux était la substance commerciale par excellence qui devait fixer le choix du fabricant; c'est encore elle qu'on emploie dans beaucoup d'usines.

Les appareils qui servaient à l'élimination de l'ammoniaque furent ceux qu'on adopta à l'origine pour celle de l'acide sulfhydrique : un lait de chaux épais, placé dans une série de laveurs munis d'agitateurs fonctionnant d'une manière continue, lavait le gaz à son passage à travers des diaphragmes.

Les inconvénients provenant de l'augmentation de pression firent abandonner le mode de lavage par barbotement pour le remplacer par une vis d'Archimède fonctionnant au sein du lait de chaux. Cet appareil jouait ainsi à la fois le rôle d'agitateur et celui d'extracteur. Mais l'emploi de la chaux sous cette forme

xigeant toujours le concours d'une force motrice, on ne tarda as à l'abandonner pour l'épuration sèche.

Nous avons vu que pour éliminer l'ammoniaque on était arrivé employer la sciure imprégnée de solutions métalliques placée ur des claies. On fit de même pour la chaux, seulement on supprima la sciure et on se contenta d'un lit de mousse de quelques entimètres de hauteur sur lequel on étala la chaux éteinte.

L'usage de la chaux remplit évidemment toutes les conditions 'une bonne épuration ; mais dans les grandes villes son emploi evient impossible, à cause de la main-d'œuvre énorme qui en ésulte. On a donc dû se préoccuper de trouver une autre matière 'épuration plus avantageuse.

La procédé proposé par M. Laming est remarquable par son légance et son extrême simplicité.

Le produit dont il fait usage est le peroxyde de fer hydraté, e^2O^3,HO. Tout le jeu de l'épuration repose sur la propriété qu'a e peroxyde de fer de donner, en se combinant à l'acide sulfydrique, un sulfure correspondant à l'oxyde. On a, en effet, HS + Fe^2O^3, = Fe^2S^3 + 3 HO. Si on expose ensuite à l'action de 'air le sulfure ainsi formé, il attire l'oxygène. Le soufre est éplacé et le métal seul s'oxyde en reproduisant le corps primiif, le peroxyde hydraté.

Le peroxyde est le résidu d'une opération précédente; voici, n effet, comment on l'obtient : Les usines qui font usage des sels nétalliques pour l'épuration de l'ammoniaque substituent au chloure de manganèse du sulfate de fer dont le prix n'est guère plus levé, environ 7 fr. les 100 kilogr. On prend 1 hectolitre de sciure, n pulvérise grossièrement 40 kilogr. de sulfate de fer qu'on y nélange, et l'on fait passer dans la masse un courant de vapeur l'eau. La dissolution s'opère et la sciure en est complétement mprégnée. Le carbonate d'ammoniaque du gaz, en passant dans e mélange, se transforme en sulfate en dégageant de l'acide carbonique. Après le lavage, pour en extraire le sulfate, il reste de 'oxyde de fer très-divisé qui passe rapidement à l'état de peroxyde. On répète deux fois encore l'addition de 40 kilogr. de sulfate de fer et on finit par accumuler ainsi dans la sciure 12 à 15 pour 100 d'oxyde. Alors, avant de faire servir la substance ainsi préparée à l'élimin tion de l'acide sulfhydrique, on y ajoute un dixième de chaux éteinte qui aide la revivification, en même temps qu'elle décompose le peu de sulfate de fer formé pendant l'oxydation à l'air. A cet état elle est portée dans les cuves, et, lorsqu'on la retire,

de rouge elle est devenue noire : la sulfuration s'est accomplie. On la jette sur le sol dans un endroit où l'air circule facilement, et de temps en temps on la remue à la pelle pour changer les surfaces. L'action est rapide. Il se développe de la chaleur, et au bout de quelques heures elle a repris sa couleur rouge.

Au bout de cinq ou six mois, on fait une nouvelle addition de chaux, et le service recommence. Une même matière peut ainsi épurer pendant dix-huit mois. Les avantages de ce système sont trop évidents pour qu'il soit besoin de les rappeler. Il est bon de dire cependant que l'acide sulfhydrique seul est enlevé et que l'acide carbonique reste dans le gaz, inconvénient assez grand, car lorsque le gaz est pauvre par lui-même cet acide abaisse le pouvoir éclairant d'une manière très-sensible. Mais rien n'est plus simple que d'y remédier, presque sans dépense. On peut, en effet, placer à la suite des cuves à oxyde une cuve avec un ou deux lits de chaux qui fixe l'acide carbonique. Lorsque la chaux est carbonatée, il suffit de la jeter dans une cornue, la décomposition du carbonate s'opère et le produit retrouve son alcalinité première.

Le système d'épuration directe a pour objet de distribuer le gaz par des conduites isolées dans des cuves n'ayant entre elles aucune communication, de sorte qu'après avoir traversé une seule cuve il se rend au gazomètre ; lorsque le papier de plomb présenté à un jet de gaz indique la présence de l'acide sulfhydrique, la cuve est mise hors de service et renouvelée, du moins en partie. Cependant l'action de la matière épurante n'est pas épuisée, comme nous allons le voir. On travaille par ce procédé avec une pression plus faible que dans le système méthodique.

Celui-ci a sur le précédent l'avantage de réduire la main-d'œuvre, en ne soumettant à la revivification que des matières complétement inactives. Ainsi, au lieu de se rendre au gazomètre après son passage dans une seule cuve, le gaz passe d'abord dans une cuve très-vieille (18 à 22 heures de durée), ensuite dans une seconde plus récente, enfin dans une cuve neuve (4 à 6 heures de durée) qui complète l'épuration. Nous avons déterminé la valeur de chacune de ces cuves, ou du moins des deux plus anciennes ; voici les chiffres que nous avons recueillis : nous devons dire que chacune d'elles contenait 15 hectolitres de matière épurante à l'oxyde de fer, la fabrication totale de l'usine étant de 15,000 mètres cubes par vingt-quatre heures.

PREMIÈRE CUVE (VIEILLE).			DEUXIÈME CUVE.		
Age de la cuve.	ACIDE SULFHYDRIQUE par mètre cube.		Age de la cuve.	ACIDE SULFHYDRIQUE par mètre cube.	
	Avant la cuve.	Après la cuve.		Avant la cuve.	Après la cuve.
18 h.	7gr,34	6gr,63	12 h.	6gr,63	1gr,54
24	7gr,17	7gr,01	13	7gr,01	2gr,01
20	5gr,20	4gr,33	12	4gr,33	1gr,33
22	4gr,50	3gr,65	14	3gr,65	2gr,07
Moyenne.	6gr,04	5gr,40	Moyenne.	5gr,40	1gr,73

La troisième cuve, celle qui complète l'épuration, ne commence laisser passer l'acide sulfhydrique qu'au bout de six heures environ ; à ce moment, par le jeu de la clef distributive, elle devient la seconde et est remplacée par une autre remplie de matière neuve.

Au moment où ce changement s'opère, la première cuve est supprimée et les matières soumises à la revivification.

Il ressort de la comparaison des quantités d'acide sulfhydrique avant et après chaque cuve, que, dans le système à trois cuves, la première est presque inactive au bout de 18 heures, et que la seconde est encore très-active au bout de 15 heures, c'est-à-dire au bout d'un temps double de celui après lequel elle a commencé à laisser passer de l'acide sulfhydrique; dans l'épuration directe, la cuve étant supprimée au moment où le papier de plomb noircit, on perd donc en main-d'œuvre tout le bénéfice du travail dont elle est encore susceptible. L'épuration méthodique est donc avantageuse, et peut se faire comme on le voit avec deux cuves seulement.

Les procédés combinés de MM. Laming et Mallet suffisent pour une bonne épuration. Les perfectionnements à apporter dans cette partie de la fabrication du gaz consistent surtout dans la réduction de la main-d'œuvre; aussi croyons-nous devoir insister sur l'emploi d'un appareil qui n'a eu pendant longtemps qu'une importance secondaire, la colonne à coke, primitivement destinée à condenser les goudrons échappés au jeu d'orgues. On aide cette action par un écoulement réglé d'eau pure ou d'eau ammoniacale faible dont le degré se trouve augmenté par la dissolution de l'ammoniaque du gaz.

Mais quel est le rôle chimique de cette eau? En quelle proportion le carbonate d'ammoniaque est-il absorbé? Cette eau ammoniacale, en vertu de son alcalinité, fixe-t-elle de l'acide sulfhy-

drique et, si elle en fixe, y a-t-il déplacement d'acide carbonique qui rejeté dans le gaz en altère le pouvoir éclairant? Enfin l'action mécanique de l'eau est-elle funeste par une trop grande condensation d'hydrocarbures? Ces questions ont un grand intérêt; voici les chiffres recueillis à ce sujet et qui montrent ce qu'il est permis d'attendre de l'eau comme agent d'épuration.

Action de l'eau ammoniacale sur l'ammoniaque du gaz.

D'après la moyenne de six analyses, le gaz renferme par mètre cube :

Avant la colonne à coke	6gr,96	d'ammoniaque.
Après la colonne à coke	2gr,01	—

Il y a, comme on le voit, diminution de plus des deux tiers.

Action de l'eau ammoniacale sur l'acide sulfhydrique du gaz.

Six analyses out établi qu'un mètre cube renfermait en moyenne

Avant la colonne à coke	7gr,32	d'acide sulfhydrique.
Après la colonne à coke	2gr,46	—

Action de l'eau ammoniacale sur l'acide carbonique du gaz.

La moyenne de sept analyses donne, pour la proportion d'acide carbonique, les nombres suivants :

Avant la colonne à coke	8 litres 71
Après la colonne à coke	6 litres 00

Ainsi, pour l'ammoniaque comme pour l'acide sulfhydrique, l'action de l'eau est bien nette; il n'en est pas de même pour l'acide carbonique. Quoi qu'il en soit, ces résultats sont certainement remarquables et montrent ce qu'il est permis d'attendre de la combinaison de plusieurs appareils marchant en même temps. La condition essentielle à remplir est de produire le lavage avec le moins d'eau possible. Si la quantité est exagérée, il y a condensation d'hydrocarbures légers et perte de pouvoir éclairant. Il n'est pas changé, au contraire, dans les conditions où nous avons opéré, comme l'ont prouvé les essais photométriques.

V.—COMPOSITION DES PRODUITS DE LA DISTILLATION DE LA HOUILLE.

Ces produits sont nombreux. Ils se séparent naturellement en trois parties bien distinctes : eau ammoniacale, goudrons et gaz; la nature de ces deux derniers variant suivant la température à laquelle ils se sont formés.

L'eau ammoniacale contient l'alcali sous forme de carbonate, sulfhydrate, chlorhydrate, cyanhydrate et sulfocyanhydrate. Elle renferme en outre une certaine quantité de goudron, probablement l'acide phénique.

Le goudron renferme trois espèces de substances : des acides, des alcaloïdes et des substances entièrement neutres. On n'y trouve point d'acide acétique, mais des corps d'une acidité faible, les acides phénique et rosolique. Les substances alcalines sont l'aniline, la quinoléine, le pyrrol, etc. Les matières neutres sont formées d'hydrocarbures liquides et solides : la benzine, le toluène, le cumène, la naphtaline, la paranaphtaline, le chrysène et le pyrène. Elles contiennent aussi des corps oxygénés peu connus qui ont une tendance à se transformer en naphtaline sous certaines influences.

On a constaté par l'analyse dans le gaz de la houille les principes suivants :

Hydrogène bicarboné (gaz oléfiant).	Oxyde de carbone.
Hydrogène protocarboné (gaz des marais).	Azote.
Hydrogène.	Hydrocarbures liquides.
	Sulfure de carbone.

Les hydrocarbures liquides sont : la benzine, le toluène, le cumène; on y a également constaté, mais en faible quantité, des hydrogènes carbonés gazeux, homologues du gaz oléfiant, le propylène, C^6H^6, et le butylène, C^8H^8.

Comme on le voit, le gaz se compose de deux espèces de principes. Les uns, comme l'hydrogène, l'oxyde de carbone, l'hydrogène protocarboné, ne fournissent à la combustion que peu ou pas de carbone, et ne concourent pas par eux-mêmes à la production de la lumière. Ils forment la partie non éclairante. Leur quantité est variable, mais ils sont d'autant plus abondants que la distillation s'est effectuée à une température se rapprochant plus du rouge blanc. Les autres, comme le gaz oléfiant, la benzine, le toluène, le cumène, contenant un excès de carbone par rapport à l'hydrogène, ont la propriété en brûlant de se décomposer pour ainsi dire en deux parties : l'hydrogène, plus combustible que le carbone, s'élimine le premier en donnant de l'eau avec l'oxygène de l'air; de sorte qu'il reste en liberté une grande quantité de carbone qui, chauffé au rouge blanc, reste dans la flamme sous forme de particules excessivement ténues; c'est en un mot une poussière lumineuse répandue dans la flamme. Il s'ensuit que plus, sous un même volume, il y aura de carbone dans le

gaz, plus celui-ci sera éclairant; de même, la valeur d'un hydrocarbure sera d'autant plus grande qu'il contiendra un plus grand excès de carbone, la quantité d'hydrogène ne changeant pas.

Ces principes forment *la partie éclairante* du gaz. Nous avons dit que l'hydrogène, l'hydrogène protocarboné et l'oxyde de carbone contenus dans le gaz ne concourent point par leurs éléments au pouvoir éclairant de la flamme. Ils jouent cependant un rôle important.

Si l'on fait passer un de ces gaz privés de pouvoir éclairant, l'hydrogène par exemple, dans de l'essence de térébenthine ou de la benzine; si on lui fait traverser ensuite un flacon ou un tube contenant du coton cardé ou de la sciure pour arrêter l'huile entraînée mécaniquement, on obtient une belle flamme blanche lumineuse. C'est que l'hydrogène dissout l'hydrocarbure volatil, sans lequel il n'avait tout à l'heure qu'un pouvoir éclairant très faible et presque nul.

Les gaz non éclairants remplissent envers les hydrocarbures de la houille le même rôle que l'hydrogène envers l'essence de térébenthine. En effet, ceux-ci sont tous liquides et le plus volatil, la benzine, ne bouillant que vers 80 degrés, ils ne pourraient arriver au bec, s'ils n'y étaient transportés à l'état de vapeurs.

Ce sont ces trois gaz qui leur servent de dissolvant. Ils remplissent encore un autre but non moins important, c'est de présenter ces hydrocarbures à l'action de l'air dans un grand état de dilution. Isolés, ils brûlent avec une flamme fuligineuse parce que, l'air n'ayant pas un assez grand accès, l'hydrogène et une partie du carbone seulement se trouvent brûlés. Dans le gaz, ils n'arrivent qu'en proportion limitée au bec et permettent l'action complète de l'air sur toutes leurs parties.

S'il était permis dans la fabrication du gaz de choisir le corps non éclairant à employer, il n'est pas douteux qu'on ne s'arrêtât à l'hydrogène. Il est en effet des conditions qu'on n'est pas toujours maître de remplir, mais dont on doit tenter de se rapprocher autant que possible. Ainsi un gaz sera d'autant meilleur qu'à pouvoir éclairant égal il brûlera moins d'oxygène, produira moins d'acide carbonique et développera moins de chaleur dans sa combustion.

L'hydrogène et l'oxyde de carbone brûlent, à volume égal, pour leur transformation complète, la même quantité d'oxygène. L'hydrogène protocarboné en exige quatre fois plus. Les deux premiers gaz développent sensiblement la même quantité de

chaleur, l'hydrogène protocarboné en produit trois fois plus. L'hydrogène seul ne donne pas d'acide carbonique. Il est évident, d'après ces observations, qu'il doit être préféré aux deux autres gaz.

VI.—ÉVALUATION DE L'INTENSITÉ DU GAZ.

En Angleterre où le gaz a été l'objet de nombreux essais, on a tenté d'évaluer par l'analyse chimique l'intensité de pouvoir éclairant. Henry la calculait d'après la quantité d'oxygène nécessaire à la transformation du mélange gazeux. Mais le principe était fautif en ce qu'un gaz peu lumineux, et dont la partie non éclairante se trouvait être composée de beaucoup d'hydrogène protocarboné, absorbait beaucoup plus d'oxygène qu'un autre gaz très-éclairant dans lequel l'hydrogène protocarboné était remplacé par de l'hydrogène.

Le procédé suivant, indiqué par M. Frankland, paraît devoir conduire à un résultat plus certain.

Partant de ce principe, qu'il faut déterminer non pas l'oxygène consommé, mais le carbone contenu dans les hydrocarbures, il fait détoner un volume déterminé de gaz avec un excès d'oxygène et note la quantité d'acide carbonique produit.

Il prend d'un autre côté un même volume de gaz dont il absorbe le gaz oléfiant et les hydrocarbures, sauf l'hydrogène protocarboné, au moyen d'acide sulfurique anhydre. Le gaz ainsi dépouillé est de nouveau brûlé par un excès d'oxygène et la quantité d'acide carbonique notée.

On a par la première opération la quantité totale de carbone du gaz, par la seconde celle des hydrocarbures, et enfin le carbone des gaz non éclairants. Il est facile, avec ces données, de déterminer la quantité de carbone contenu dans les hydrocarbures éclairants.

Ces procédés sont peu usités, parce que, dans la pratique industrielle, ils n'offrent pas une assez grande simplicité.

Un moyen d'apprécier la richesse du gaz, et qui s'est vulgarisé dans ces derniers temps parce qu'il est à la fois rapide et commode, repose sur la propriété qu'a le brôme de condenser seulement les hydrocarbures éclairants sans toucher aux autres. Mais ce procédé est encore défectueux en ce que, s'il agit directement sur les hydrocarbures du gaz, il ne produit une diminution réelle de volume que par la condensation du gaz oléfiant, les autres corps n'étant qu'à l'état de vapeur et en solution. Une autre cause d'erreur

vient encore de la tension de vapeur du produit brômé formé avec le gaz oléfiant, $C^4H^4Br^2$, que les gaz non éclairants retiennent fortement.

L'appareil se compose d'un simple tube de verre de 60 à 80 centimètres de longueur, d'un centimètre et demi de diamètre, fermé à sa partie supérieure et recourbé en U à sa partie inférieure. Il est divisé en 100 parties. On mesure exactement 100 parties de gaz qu'on ramène à la température ambiante en le plongeant quelque temps dans un grand manchon rempli d'eau. On commence par introduire quelques fragments de potasse caustique pour absorber l'acide carbonique et on note la diminution de volume. On fait écouler le liquide alcalin et on verse quelques gouttes de brôme qu'on agite avec le gaz. Pour éliminer les vapeurs de brôme, on traite de nouveau par la potasse caustique. Ceci fait, on porte le tube dans le manchon plein d'eau, et au bout d'une demi-heure on note la condensation.

Un procédé d'appréciation du pouvoir éclairant, essentiellement pratique, est l'emploi du photomètre ; les causes d'erreur ne s'élèvent guère au delà de 2 p. 100, et l'on peut faire, en quelques heures, un grand nombre d'essais. On prend pour type, ou mieux pour terme de comparaison, la lampe Carcel ordinaire, dont la consommation normale d'huile est de 42 grammes à l'heure, ou bien la bougie stéarique, celle de blanc de baleine ou de paraffine. L'appareil le plus commode et le plus sensible est celui de M. Foucault.

Il consiste en une table longue portant deux échelles graduées qui forment un angle dont le sommet vient aboutir à un écran placé à la tête de la table. Cet écran est percé à son centre d'un trou de 6 à 8 centimètres de diamètre qui reçoit un verre opacifié avec une couche d'amidon très-fin ou de cire blanche. Ce verre est enchâssé dans un tube cylindrique dont les parois internes sont noircies. Une feuille mince de tôle ou de carton noir pouvant avancer ou reculer à volonté par l'action d'une vis sans fin partage le tube dans toute sa longueur et le disque de verre en deux parties égales.

Si l'on place à une distance convenable sur l'un des points de l'échelle graduée un foyer lumineux, la partie ou le compartiment de la boîte correspondant au côté où est placée la lumière se trouvera complétement éclairé pour l'observateur placé derrière l'écran, tandis que l'autre compartiment offrira une bande noire qui partagera la seconde moitié du disque en deux.

Si, sur l'autre échelle, à une même distance que la première,

on place une seconde lumière, celle-ci, éclairant la partie qui lui correspond, atténuera ou effacera complétement l'ombre selon l'intensité lumineuse de ses rayons. Mais il restera toujours sur le disque deux bandes ou deux ombres transparentes.

Comme on le voit, ces ombres sont placées en ordre inverse de celui de leurs lumières, de sorte que la lumière qui se trouve à droite produit l'ombre de gauche, et *vice versa.*

Le moyen de se servir de cet appareil est très-simple. Prenons par exemple une lampe et une bougie et plaçons-les d'abord à égale distance. Comme l'ombre est proportionnelle à l'intensité de la lumière, si l'on veut savoir combien la lampe est plus intense que l'autre lumière, on l'éloigne jusqu'à ce que l'ombre qu'elle produit soit égale à celle de la bougie, en un mot jusqu'à ce que la teinte des deux bandes formées sur le disque se confonde en une seule; en tenant compte toutefois de la couleur de l'ombre qui varie avec la source de lumière.

Comme la lumière décroît d'intensité en raison inverse du carré des distances, on se rend compte de cette différence en faisant la proportion suivante : le carré de la distance du sommet de l'angle de la bougie est à l'unité, comme le carré de la distance de la lampe à ce même sommet est au rapport entre l'intensité des deux lumières.

Supposons que la bougie soit placée à 2 mètres et qu'il faille éloigner la lampe à 4 mètres pour égaliser les deux ombres.

Le carré de 2 est 4
Le carré de 4 est 16

La proportion posée plus haut devient pour ce cas

$$4 : 1 :: 16 : x. \quad x = 4.$$

La lampe a donc une intensité correspondant à celle de quatre bougies.

L'essai d'un gaz peut se faire de la même manière.

Lorsqu'on veut mesurer l'intensité relative de deux gaz, on règle la Carcel de manière à obtenir la dépense d'huile normale : 42 grammes. On place les deux lumières à une distance déterminée et elles restent immobiles. Il suffit alors pour obtenir l'égalité des deux ombres d'augmenter ou de diminuer la dépense de gaz qui la mesure au compteur.

VII.—DE L'ALTÉRATION DU GAZ.

Nous avons vu plus haut que le gaz est formé de deux parties bien distinctes : la partie non éclairante, composée en presque totalité de produits gazeux non liquéfiables et d'une grande fixité; la partie éclairante constituée, à part quelques millièmes de gaz oléfiant, par des vapeurs d'hydrocarbures; benzine, toluène, etc., tenus en dissolution, et par conséquent susceptibles de condensation.

L'altération, que dans la pratique, on observe toujours, quelles que soient les précautions employées pour la prévenir, provient de l'abaissement de la température. En passant de l'usine au gazomètre où il doit séjourner, le gaz, dont la température était plus élevée que celle de l'air ambiant tend à se mettre en équilibre avec celle-ci, et, comme à chaque température correspond une tension de vapeur différente, il laisse déposer d'autant plus d'hydrocarbures, que la température s'abaisse davantage. Pendant l'hiver, la perte de pouvoir éclairant est considérable; on peut anéantir celui-ci presque complétement en faisant cheminer lentement le gaz dans un tube de verre plusieurs fois recourbé et plongé dans un mélange réfrigérant.

Il faut ajouter à cette cause l'action mécanique produite par le frottement contre les parois du gazomètre et des tubes de distribution de ville; de telle sorte que le gaz est soumis à une déperdition continuelle de pouvoir éclairant, depuis le gazomètre où il est conservé jusqu'au bec où on le brûle.

Parmi les causes d'altération qui se produisent pendant la fabrication, il faut encore signaler l'emploi exagéré de l'eau ammoniacale qui détermine dans la colonne à coke la précipitation des hydrocarbures légers; la présence de l'air dans les cuves neuves d'épuration lors de leur mise en activité; celle de l'acide carbonique dont l'influence est funeste (nous avons constaté, en effet, une perte moyenne de 11 pour 100 de pouvoir éclairant par la présence de 1 pour 100 de cet acide dans le gaz); l'usage d'une houille humide, et enfin, chose dont on ne paraît pas comprendre l'importance dans la pratique, l'emploi de l'eau froide sur les jeux d'orgues ou colonnes qui en font l'office, cette première condensation des goudrons devant se faire mécaniquement à la température la moins basse possible.

VIII.—DES GAZOMÈTRES.

Le but des gazomètres est de recevoir le gaz épuré et de l'emmagasiner jusqu'au moment de la dépense et de lui donner pendant ce temps une pression régulière qui assure l'uniformité de l'éclairage.

On distingue trois espèces de gazomètres : le gazomètre à suspension, celui à mouvements libres, et le gazomètre télescopique.

Un gazomètre se compose de deux parties distinctes : d'une cuve cylindrique en bois, en fonte ou en maçonnerie, remplie d'eau, et d'un cylindre en tôle fermé à la partie supérieure et dont la partie inférieure plonge dans la cuve. C'est ce cylindre qui sert de réservoir au gaz.

La hauteur du gazomètre est ordinairement égale au rayon de la base dont le diamètre est variable.

Les cuves en bois sont peu en usage, elles sont soumises à des causes de détérioration trop fréquentes.

En Angleterre et en Belgique, où le prix de la fonte est peu élevé, on se sert plus souvent de cuves en fonte qu'en France, où l'on a adopté généralement la cuve en maçonnerie. Les matériaux qui la composent varient avec la localité ; mais il est d'un grand intérêt qu'ils soient bien choisis, imperméables et reliés entre eux avec un mortier hydraulique de la meilleure qualité.

Les cloches sont formées de plaques de tôle de 2 à 3 millimètres d'épaisseur, rivées entre elles solidement et recouvertes d'une couche de goudron qu'on a soin de renouveler de temps en temps.

Comme leur poids est considérable, il est important de pouvoir guider leurs mouvements afin d'obtenir une pression régulière et constante.

Le gazomètre diminuant ou augmentant de poids suivant qu'il s'élève ou s'enfonce dans le liquide, il se produit des irrégularités dans la pression, il faut donc établir des compensations dans l'un ou l'autre cas. Ce but se trouve atteint par un moyen d'une grande simplicité. Il consiste dans l'emploi de chaînes de fer attachées d'un côté au sommet de la cloche, de l'autre à des contre-poids et roulant sur des poulies. Si l'on suppose le gazomètre au milieu de sa course, la partie de la chaîne qui se trouve du côté du gazomètre étant égale à celle qui reste du côté du contre-poids, il y a équilibre; mais si le gazomètre s'enfonce, il

perd une partie de son poids qui lui est rendu par le poids calculé de chaîne qu'il a entraîné. Ce poids de la chaîne doit être égal au poids du volume d'eau déplacé par le gazomètre.

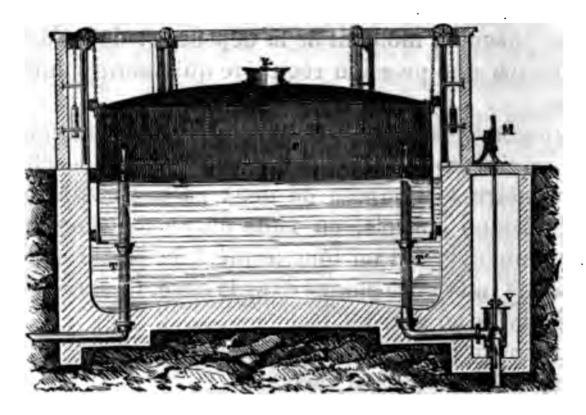


Fig. 339.—Gazomètre à suspension.

V, valve réglant l'arrivée du gaz — T', tuyau d'arrivée du gaz.—T, tuyau de départ.

Les contre-poids, qui sont ordinairement en fonte, doivent égaler le poids du gazomètre lorsqu'il est plongé dans l'eau, moins la pression à donner au gaz.

Les gazomètres à mouvements libres ne produisent pas une pression aussi régulière que les précédents, mais on y remédie au moyen du régulateur.

On a imaginé, pour diminuer le prix élevé de l'établissement d'un gazomètre, un appareil d'un genre particulier qui a reçu le nom de gazomètre à télescope.

Il est formé de deux ou d'un plus grand nombre de cylindres s'emboîtant les uns dans les autres, et dont la partie inférieure, relevée en rigole intérieurement, agrafe la partie supérieure repliée en sens contraire. Quand il n'y a point de gaz dans l'appareil, toutes les parties sont emboîtées les unes dans les autres et le cylindre supérieur est au niveau de l'eau dans la cuve. Le gaz arrivant, la pression qu'il exerce soulève le premier cylindre et le force à s'élever ; quand il est plein, le second cylindre s'accroche dans la rigole pleine d'eau et s'élève à son tour ; ainsi de suite. On voit qu'il ne peut y avoir de perte de gaz, puisqu'il y a fermeture hydraulique par la rigole qui est toujours pleine d'eau et dont la hauteur doit nécessairement être supérieure à la colonne d'eau, à laquelle la pression du gaz fait équilibre. Ce genre de

ɔmètre, très-usité en Angleterre, est généralement délaissé en nce.

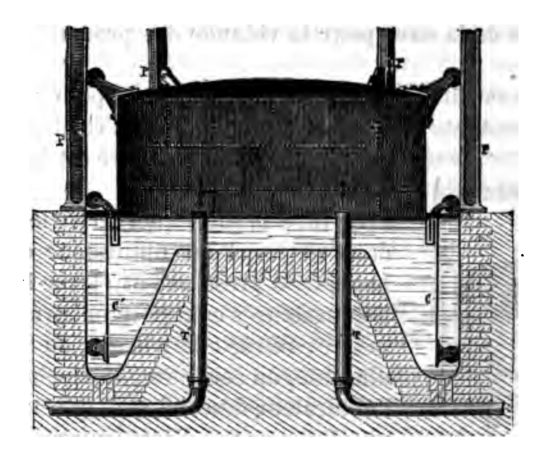


Fig. 340.—Gazomètre télescopique.

e gaz est amené dans la cloche par une conduite souterraine ui vient affleurer la surface du liquide de la cuve et s'écoule une autre conduite T′ semblablement disposée.

auwels a imaginé un système qui consiste à faire arriver le par la partie supérieure du gazomètre. Celui que représente la re 341 fonctionne à l'usine d'Ivry.

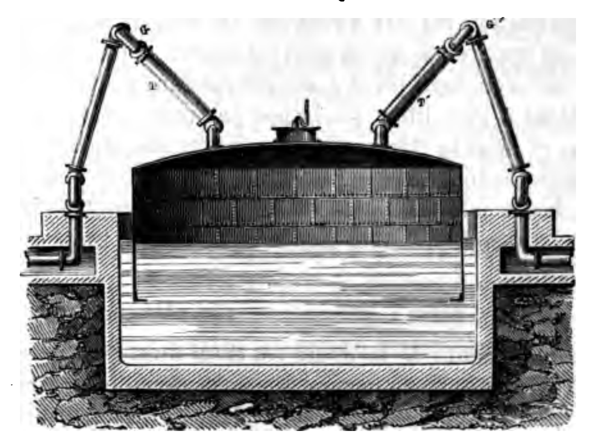


Fig. 341.—Gazomètre de Pauwels.

consiste en deux genouillères, l'une pour l'entrée, l'autre r la sortie du gaz. Chacune se compose de deux tuyaux T, T′,

mobiles, dont le jeu de l'articulation G, G', se fait dans un *stuffing-box*. On évite ainsi l'établissement de siphons dans l'intérieur de la maçonnerie de la cuve pour la vidange des produits de condensation.

Nous avons dit qu'on se sert de régulateur pour assurer une pression constante au gaz et l'uniformité de l'éclairage. Le plus simple et le plus employé est le régulateur Pauwels.

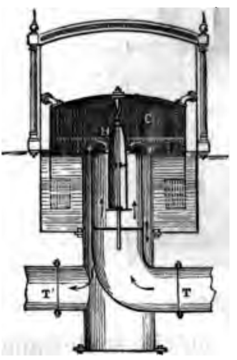


Fig. 342.— Régulateur de pression.

Le tube T, par lequel arrive le gaz, reçoit dans sa gorge un obturateur conique H. Lorsque la pression fait élever la cloche C, l'obturateur s'engage plus avant dans le tube et rétrécit le passage du gaz; si elle diminue, au contraire, la cloche s'abaisse, l'obturateur descend et le gaz, trouvant un plus large orifice d'écoulement, sort en plus grande quantité; de sorte qu'en changeant le gazomètre de poids, on peut le tenir à la hauteur voulue et augmenter ou diminuer à volonté la pression.

IX.— DES APPAREILS DE COMBUSTION.

La combustion du gaz s'effectue au moyen d'appareils très-simples en apparence, qu'on peut ramener à deux types distincts:

1° Le bec à un seul jet et à simple courant d'air dans lequel le gaz, brûlant à l'air libre, s'échappe par une ouverture de forme variable, et dont la flamme affecte différents aspects, depuis la forme conique de la bougie jusqu'à celle étalée de l'éventail;

2° Le bec à jets multiples et à double courant d'air dont la flamme, se développant en nappe cylindrique, imite celle de la lampe Carcel.

BECS A SIMPLE COURANT D'AIR.

Le premier genre de brûleurs est celui dont l'usage est le plus répandu; il a toutes ses parties disposées de telle manière, que la flamme prend une forme plate, étalée, qui rappelle celle d'un éventail déployé ou celle d'une aile de chauve-souris; de là les noms qui ont été attribués à ce genre de becs.

Il est formé d'un cylindre creux, de quelques centimètres de hauteur, terminé par une tête sphérique, d'un diamètre extérieur

quelquefois plus grand que celui du tube ou corps du bec. L'intérieur de cette tête est évidé de manière à présenter une forme demi-sphérique, mais n'avançant pas assez pour être concentrique à la sphère extérieure. Cette tête est fendue d'un trait de scie perpendiculaire, qui la divise dans le sens de sa longueur en deux parties égales. Du rapport ménagé entre les différentes parois de la tête du bec résultent les formes et dimensions de la flamme.





Fig. 343.— Coupe du bec-éventail.

En effet, les parties latérales étant plus minces laissent passer facilement le gaz dans le sens horizontal, tandis que la paroi supérieure, qui se trouve plus épaisse, oppose un obstacle plus grand à l'écoulement; il en résulte que le gaz prend en s'échappant une forme étalée.

Les dimensions de la tête du bec, l'épaisseur de ses parois et surtout la section d'écoulement ont une influence très-grande, non-seulement sur la forme de la flamme, mais encore sur l'intensité du pouvoir éclairant. Cette influence est telle, qu'il est possible, par des modifications presque insensibles, d'obtenir d'un même volume de gaz des intensités lumineuses variant dans le rapport de 1 à 2.

Mais quelle que soit la nature du bec employé, il est une condition essentielle à remplir : c'est de brûler le gaz sous une pression uniforme, que l'on doit maintenir autant que possible entre les limites restreintes de 3 à 6 millim.

Cette partie très-intéressante de l'éclairage est restée longtemps dans la routine où l'avaient tenue les fabricants. Depuis quelques années seulement on a déterminé rigoureusement la valeur des divers éléments constitutifs du bec éventail.

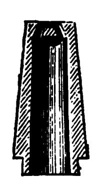
« C'est en se fondant, dit M. Bouyon, sur une théorie fausse de la combustion du gaz, qu'on a tenté de réaliser des améliorations. Le gaz, dit-on généralement, ne donne pas son maximum d'intensité, parce qu'une partie plus ou moins grande échappe toujours à la combustion; mais en réalité la perte de pouvoir éclairant provient d'une combustion trop complète, du moins trop rapide, des particules charbonneuses en suspension dans la flamme. »

Il résulte des travaux de cet habile ingénieur que, pour brûler efficacement, le gaz doit s'échapper lentement, sous une faible pression, par une section la plus grande possible, dans des

limites, cependant, qui assurent à la flamme une fixité et une forme convenables. Il est arrivé ainsi à rejeter tous les appareils brûleurs de petite section alors en usage, compris dans les limites de 0,1 de millimètre à 0,3, pour ne conserver que des becs dont la fente a au moins 0,5 de millimètre pour les dépenses de gaz les plus faibles. Cependant, comme il peut exister une cause de perte considérable, par suite d'une augmentation de la pression, il a soin de placer à l'entrée du bec, dans la partie cylindrique, un régulateur formé d'une toile métallique très-fine et d'un disque percé d'un nombre de trous en rapport avec l'importance du débit du bec. Cette simple disposition assure à l'appareil une limite extrême que les plus fortes pressions ne peuvent faire dépasser.

Plus récemment, M. Dumas, chargé de déterminer les meilleures conditions de la combustion du gaz, est arrivé à des résultats identiques, et, proposant définitivement le bec à large fente, a fait entrer l'éclairage public dans une voie de progrès, où auraient échoué des mains moins autorisées que les siennes.

On donne le nom de bec Manchester à un petit appareil fort simple dont la construction diffère essentiellement de celle du précédent. Il a ordinairement la forme d'un cône tronqué dont la section supérieure est percée de deux trous qui se recourbent l'un vers l'autre, de façon que les deux jets de gaz se rencontrent à la sortie; de ce choc résultent un aplatissement de la flamme, qui s'étale dans un plan perpendiculaire à l'orifice de sortie, et un ralentissement dans l'écoulement du gaz, qui brûle alors avec une flamme molle parfaitement utilisée. Ce genre de brûleur, lorsqu'il est réglé avec soin, fournit le maximum d'intensité du gaz, et peut être mis sur la même ligne que le bec-éventail à large fente.



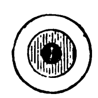


Fig. 344. — Coupe du bec Manchester.

On a proposé, sous différents noms, un nombre considérable de petits appareils ayant pour but de réduire la dépense du gaz, tout en fournissant une même quantité de lumière. Le principe de presque tous repose sur l'action produite, par l'interposition avant le bec, de certaines matières, telles que pierre ponce, étoupes, disques de flanelle, etc., qui n'ont d'autre résultat que d'agir comme régulateurs en diminuant la vitesse d'écoulement du gaz. Il faut ajouter que l'usage en est avantageux, quoiqu'ils ne four-

nissent pas cependant le maximum d'effet, les substances interposées ayant la propriété de condenser de petites quantités d'hydrocarbures. C'est sur le même principe qu'est fondé l'emploi de l'anneau de platine placé dans la flamme très-près de la fente du bec. Le platine n'agit point ici, comme on pourrait le croire, en émettant une lumière propre par suite de son incandescence, car il s'échauffe à peine; mais en écrasant le gaz à sa sortie et mettant obstacle à son écoulement; du reste il ne produit pas d'effet sensible sur le bec à large fente et le bec Manchester, et le platine peut être remplacé par un métal quelconque.

BECS A DOUBLE COURANT D'AIR.

L'emploi de ce genre de becs est plus limité que celui des précédents; il paraît cependant réaliser toutes les conditions d'une bonne combustion. Il se compose de deux cylindres concentriques surmontés d'un anneau en fer ou en bronze, dont la partie supérieure est percée de trous donnant passage au gaz; celui-ci, en brûlant, forme autant de petits jets distincts qu'il y a d'ouvertures. L'intervalle de ces trous est assez rapproché pour que le gaz brûle sous forme de nappe cylindrique non interrompue. Il est facile de voir qu'ici la somme des trous, variant de 8 à 25, présente au dégagement du gaz un orifice de sortie total plus considérable relativement que le bec-éventail à large fente; aussi la flamme est-elle fuligineuse et sans aucune stabilité. On sait, d'un autre côté, que le maximum de pouvoir éclairant donné par une flamme quelconque se trouve à l'extrême limite où les particules charbonneuses tendent à se dégager sous forme de fumée; il en résulte que, brûlant dans ces conditions, il y a perte de pouvoir éclairant. Il faut donc utiliser cet excès de carbone, c'est le résultat que produit le verre; mais il est important, en même temps, de régler l'appel d'air produit pour éviter une combustion trop complète.

M. Bourguignon a proposé à la Société d'encouragement un appareil de son invention, le fumivore, destiné, d'après l'auteur, à détruire les émanations délétères des lampes et du gaz. Il consiste en un globe dépoli, ouvert aux deux extrémités en un large entonnoir renversé. L'ouverture inférieure, d'un diamètre peu différent de celui de la cheminée, s'applique sur elle, et l'autre reçoit l'extrémité évasée d'un tube de cuivre droit ou contourné, qui est terminé inférieurement par une petite capsule

percée à la partie supérieure d'un grand nombre d'ouvertures.

Les gaz, pour s'échapper, traversent le tube, en sortant par les ouvertures pratiquées au-dessus de la capsule ; les vapeurs, en se condensant dans le trajet, retombent à l'état liquide. M. Payen a reconnu, ce qu'il était facile de prévoir, que les produits de la condensation n'étaient que de l'eau, quelquefois rendue acide par l'acide sulfureux, lorsque le gaz était mal épuré.

Il vit en même semps, ce dont ne se doutait pas l'inventeur, que l'intensité lumineuse se trouvait accrue considérablement, la dépense de gaz n'augmentant pas; effet dû à ce que le courant d'air, se trouvant ralenti, n'arrivait à la combustion qu'en quantité nécessaire pour brûler le gaz, et ne refroidissait pas inutilement la flamme. La moyenne de plusieurs expériences indiquait une augmentation de lumière produite par le fumivore dans le rapport de 176 à 100.

Enfin M. Chaussenot a proposé de garnir le bec de deux verres disposés de telle manière que l'air, s'introduisant entre les deux enveloppes, puisse s'y échauffer avant d'arriver au foyer. On a obtenu ainsi sur le bec simple une économie de 33 pour 100.

LUCIEN DUSART.

ENGRAIS

I.—GENÉRALITES SUR LES ENGRAIS.

CONDITIONS DE LA VÉGÉTATION.

Les terres en friche ne produisent, en général, que très-peu de plantes, dont la plus grande partie sont peu ou point utiles à l'homme : l'homme a donc aidé la nature; il a forcé la terre à produire le plus grand nombre possible de plantes utiles et le moindre de plantes inutiles.

Mais la fécondité du sol, quelque prodigieuse qu'on la suppose, n'est pas inépuisable: les plantes les plus utiles sont en même temps les plus épuisantes. Si les plantes cultivées épuisent le sol, c'est qu'elles en tirent plus de substances nutritives que ne peut y rapporter le procédé naturel de fertilisation : et puisque le procédé naturel est insuffisant, il faut lui venir en aide par un procédé artificiel.

Il faut donc mêler au sol des substances qui puissent lui fournir les sucs dont il a été dépouillé : ces substances sont les engrais.

Pour bien comprendre le rôle que ceux-ci jouent en agriculture, il faut rappeler les principes de la végétation des plantes: nous allons en résumer en peu de mots la théorie.

Les plantes cultivées répandent leurs racines dans la terre et étalent dans l'air leurs rameaux. Elles puisent dans la terre le suc nourricier par les dernières ramifications de leurs racines, surtout par leurs extrémités ou spongioles. « Le suc, sous le nom de *séve ascendante*, monte par ces racines, puis par la tige à travers le corps ligneux, tant par les canaux directs que lui offrent les vaisseaux que par les fibres et les cellules qu'elle traverse successivement, dissolvant et s'appropriant diverses substances nouvelles. Cette marche, de bas en haut et de dedans en dehors, la mène dans les feuilles et à la surface de l'écorce, où elle se met en rapport avec l'air; puis, complétement organisée par cet acte respiratoire, elle prend une marche rétrograde et descend pour la plus grande partie à travers l'écorce, tant directement que par une suite de circonvolutions, déposant sur son passage, dans des

solutions de continuité toutes préparées, des amas de matières la plupart destinées à la nourritnre ou à la formation des tissus; et elle arrive enfin à l'extrémité des racines, où l'absorption a commencé. » (DE JUSSIEU.)

La nature organique ne crée rien : elle ne fait que décomposer et recomposer ; et, par cette chimie que gouvernent les forces vitales, elle prend à l'air et à la terre des substances qu'elle décompose pour en former d'autres qu'elle met en mouvement et fait servir à tous les besoins de la vie. Ainsi, tout ce qu'on trouve dans une plante a préalablement existé soit dans la graine, soit dans l'air, soit dans le sol. L'air atmosphérique ne fournit aux végétaux que de l'acide carbonique et de l'ammoniaque; c'est dans le sol qu'ils puisent la plus grande partie de leur nourriture.

L'analyse élémentaire des plantes fournit du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène, de l'azote, du phosphore, du soufre, du chlore, du potassium, du sodium, du calcium, du magnésium, de l'aluminium, du silicium, du fer, du manganèse, etc. Ces éléments se trouvent combinés de façon à constituer deux classes différentes de corps, des composés organiques et des composés minéraux. Ceux de la première catégorie sont formés presque exclusivement par le carbone, l'hydrogène, l'oxygène et l'azote. A la seconde catégorie appartiennent des sels solubles ou insolubles, et des oxydes qu'on obtient par l'incinération des plantes ; ce sont des carbonates, des sulfates, des phosphates, des chlorures, de la potasse, de la soude, de la chaux, de la magnésie, de la silice, de l'alumine, des oxydes de fer et de manganèse. Or, si l'accroissement d'une plante s'opère par l'assimilation de substances organiques et inorganiques, il s'ensuit que leur nourriture se compose des unes aussi bien que des autres. Ainsi se trouvent écartés les prétendus *stimulants* de la végétation, c'est-à-dire les engrais minéraux qui ne sont pas un assaisonnement des engrais organiques, mais constituent par eux-mêmes une partie de l'alimentation végétale.

La plante trouve dans le sol le lieu de sa demeure et le magasin de ses vivres. Ce sont la constitution physique et la composition chimique de la partie insoluble du sol qui déterminent les conditions de la demeure ; c'est d'après les substances organiques et les sels solubles qu'on mesure le degré de richesse et de fécondité. De cette définition dans les qualités du sol découle tout naturellement la différence entre les *engrais* et les *amendements;* les engrais se mêlent à la terre dans le but de lui fournir des prin-

cipes nutritifs, les amendements, dans le but de modifier ses propriétés physiques et chimiques.

Certains éléments nutritifs sont nécessaires à tout végétal, de façon que sans eux la végétation serait impossible : ce sont le carbone, l'hydrogène, l'oxygène et l'azote. Pour s'en convaincre, il suffirait de remarquer que la plus grande partie de la matière d'accroissement des plantes se résout dans ces quatre éléments : mais les agronomes ne se sont pas contenté de cet argument, quoique très-concluant; et des savants nombreux, parmi lesquels nous devons citer de Saussure, M. Boussingault, etc., ont montré qu'en soustrayant l'un de ces quatre éléments, la végétation se trouvait bientôt arrêtée.

Si les plantes ne peuvent pas se passer de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote, il existe d'autres éléments qui, sans être absolument indispensables à la vie, lui sont aussi nécessaires pour qu'elles jouissent de la plénitude de leur existence; ce sont les éléments inorganiques.

Il ne semble pas qu'il y ait dans les diverses espèces de plantes une grande différence dans la faculté de s'approprier les principes organiques; mais quant aux principes inorganiques, cette différence est bien appréciable, et pour quelques-uns très-remarquable.

En effet, tous les agriculteurs ont remarqué que la différence de composition chimique des sols, indépendamment de leurs propriétés physiques, leur fait produire des plantes d'espèces différentes.

Ce fait prouve en faveur de la spécialité d'alimentation végétale; celle-ci est démontrée en outre par l'analyse des cendres des différents végétaux, et plus encore par les expériences directes de M. H. de Saussure et de M. Zinchinetti, sur l'absorption des différents sels par les racines des plantes.

NATURE DES ENGRAIS.—TERREAU.

Dans tous les terrains qui portent des plantes, l'analyse chimique a découvert une substance qu'on a appelée *terreau,* qui se forme naturellement dans le sol, constitue la source de l'alimentation végétale, et mesure le degré de fécondité naturelle de la terre.

Le terreau provient de la décomposition lente des substances organiques, mais surtout des résidus de plantes mortes sur place. Lorsque celles-ci sont placées dans les conditions convenables,

elles fermentent et pourrissent ; ce procédé de fermentation et de pourriture est graduel et successif. Parmi ses résultats, il y en a deux qui intéressent l'agriculteur, la formation de l'acide carbonique et celle de l'ammoniaque. Mais les débris organiques sont constitués par des morceaux plus ou moins volumineux; ils sont attaqués par la surface : et comme leur décomposition est successive, elle est d'autant plus lente que les morceaux sont plus volumineux : et tant qu'il reste des débris organiques, le procédé de décomposition continue. Quand toute substance organique a été détruite, il n'y a plus de dégagement d'acide carbonique et d'ammoniaque, et il reste un détritus inerte, connu sous le nom de *pourri*. Ainsi donc, tant que les débris organiques sont encore en voie de décomposition, ils constituent le *terreau* ou *humus;* une fois la décomposition complétée, c'est le *pourri*.

Cela posé, il est clair que c'est principalement dans la décomposition des végétaux morts qu'on trouve la source de l'alimentation des végétaux vivants ; c'est la destruction de l'un qui soutient la génération de l'autre (*destructio unius*, *generatio alterius*). Pendant la durée de cette décomposition, les plantes s'approprient par leurs racines l'acide carbonique et l'ammoniaque, qui se produisent incessamment par la pourriture, et constituent la base de leur alimentation. C'est donc dans le terreau qu'il faut reconnaître le magasin de vivres des plantes.

Mais ce magasin n'est pas inépuisable. « L'efficacité d'un terreau est liée avec l'état de décomposition de ses éléments végétaux, et s'amoindrira à mesure que la végétation soustraira certains produits qui résultent de cette décomposition : enfin, elle pourra s'anéantir si, à force de soustraire, on a épuisé toutes les portions susceptibles de devenir assimilables. » (Malaguti.)

Il dérive aussi de ce qui a été dit, que le terreau n'est pas toujours le même dans toutes les périodes de sa décomposition.

Ainsi il n'est pas possible de trouver au terreau des propriétés caractéristiques et distinctives. Mais il est constant que le dégagement de l'ammoniaque est plus abondant dans les premiers temps de la décomposition, et cesse peut-être avant que le terreau soit converti en pourri : le développement de l'acide carbonique se continue pendant tout le cours de la décomposition.

La végétation naturelle n'épuise pas le sol : sa fécondité, au contraire, y gagne; parce que les plantes lui rendent, en surplus de ce qu'elles y ont épuisé, ce qu'elles ont tiré de l'atmosphère. La jachère est un procédé de fertilisation naturelle.

Il n'en est pas ainsi de la végétation artificielle : elle est très-épuisante. Les moyens naturels de fertilisation ne suffisent pas à compenser les pertes causées par un excès de végétation, et il se produit un déficit qui s'accroît tous les ans et conduit à l'épuisement de tous les principes nutritifs du sol. Pour l'éviter, il faut rendre au sol ce qu'on lui a enlevé par un excès de végétation. De là la nécessité de substituer au terreau naturel soutiré par les plantes cultivées un terreau artificiel : ce terreau artificiel, c'est l'engrais.

On a distingué les engrais en *naturels* et *artificiels :* c'est une distinction vulgaire qui ne peut pas rester dans la science, parce qu'il y a très-peu d'engrais qui soient absolument naturels, et que dans la plus grande partie des engrais employés dans la culture la main de l'homme entre pour quelque chose.

La distinction des engrais, qui doit nous guider dans la distribution des matières, tient à leur nature et à celle des substances d'où ils tirent leur origine. Sous ce rapport, nous acceptons la division des engrais en *inorganiques* ou *minéraux,* et *organiques;* et ces derniers en *végétaux, animaux* et *mixtes.*

On a distingué aussi les engrais *froids* et *chauds;* les premiers se décomposent lentement, les autres promptement. On conçoit que cette distinction n'est applicable qu'aux engrais organiques.

Puisque l'engrais n'est qu'un terreau artificiel employé par la culture en substitution du terreau naturel consommé par les plantes, il est clair que le procédé qu'on doit suivre pour la formation des engrais est le même que celui dont se sert la nature pour la formation du terreau : c'est la pourriture, la fermentation putride, la combustion lente, l'érémacausie. Or il y a des conditions qui favorisent, et d'autres qui contrarient la marche de ce procédé.

C'est avant tout la décomposition chimique qu'il faut prendre en considération. Les engrais minéraux ou inorganiques sont rendus à la terre, sauf décomposition préalable ; il n'en pas ainsi des engrais organiques ; leur préparation, c'est leur décomposition. Il nous suffit dans cet aperçu général de remarquer, que là où domine l'azote, la putréfaction est plus rapide ; c'est pourquoi les substances animales se décomposent plus promptement que les végétales. Là, au contraire, où abondent le carbone ou des sels insolubles, comme dans le bois et les os, la décomposition est extrêmement lente.

L'âge et la structure influent aussi sur la marche de la

ture ; car on trouve constamment plus rapide la décomposition des tissus tendres, mous, jeunes, comme les bourgeons, les fleurs, les fruits pulpeux, la chair musculaire, les viscères ; tandis que le contraire se produit dans les tissus durs, secs et anciens, le bois, l'écorce, les poils, les téguments, les tendons, les cartilages, les os.

On doit tenir compte encore de l'état de division des substances organiques employées à la formation des engrais : car ces substances ne sont attaquées que par leurs surfaces. Le degré d'entassement des substances en décomposition est également à considérer dans la formation de l'engrais : il doit être renfermé dans certaines limites.

Un des agents de la décomposition organique est l'eau : à l'état de vapeur, elle la favorise ; à l'état liquide, elle la retarde, parce qu'elle empêche le libre accès de l'oxygène.

Un certain degré de températare est aussi nécessaire à la formation des engrais : le froid et la chaleur en excès sont également nuisibles ; il faut un degré moyen, dont le minimum a été fixé par M. Boussingault à 9° ou 10° : la température la plus favorable est de 25° à 30°.

Les alcalis contribuent puissamment soit à déterminer, soit à accélérer la décomposition de certaines matières organiques. Il en est plusieurs qui n'éprouveraient aucun changement sans leur intervention. C'est le cas des substances riches en tannin. Les acides, au contraire, retardent, et même empêchent la décomposition.

MODE D'ACTION DES ENGRAIS.

Les modifications que les engrais déterminent dans le sol sont très-importantes : pour en apprécier la valeur, il faut les étudier séparément.

Ils diminuent la ténacité des terres fortes. Lorsqu'on augmente dans une terre la proportion de l'humus, qui par les labours se mêle intimement à tous les éléments du sol, la ténacité de ces éléments doit se rapprocher de celle de l'humus. Si l'on prend pour extrêmes la ténacité de l'argile pure = 100, et celle du sable siliceux = 0, on trouve que les meilleurs sols arables ont une ténacité de 10 à 20 ; celle de l'humus n'est que de 8 à 9 : l'engrais doit donc, par son intervention, diminuer la ténacité des terres fortes. Il en diminue aussi la cohésion, c'est-à-dire la faculté d'adhérer aux instruments agricoles. Prise dans les deux extrêmes,

cette faculté est de 1,220 dans l'argile pure, de 0,170 dans le sable siliceux : et comme elle est dans l'humus de 0,400, il est clair que plus on ajoute d'engrais aux terres fortes, plus on diminue leur cohésion.

Mais les effets de l'engrais sont encore plus précieux sous le rapport de l'hygroscopicité : car, dans tous les éléments de la terre, il n'y en a pas un seul qui, mieux que l'humus, attire l'humidité de l'atmosphère.

L'ameublissement du sol n'est pas seulement utile aux plantes par la facilité qu'il procure aux racines de mieux s'étendre ; il l'est aussi parce qu'il permet à l'air atmosphérique de le pénétrer. Tous les éléments des terres arables ont la faculté d'absorber de l'oxygène ; mais c'est l'humus qui en absorbe le plus.

C'est encore par la chaleur que les engrais favorisent la végétation. On sait quelle est la puissance de cet agent sur la vie des plantes : or l'engrais augmente de deux manières la température du sol : d'un côté par la putréfaction, qui n'est qu'une combustion lente ; d'un autre, parce qu'il jouit au plus haut degré de la faculté de retenir la chaleur ; et que, par la teinte noire qu'il communique à la terre, il la rend plus susceptible d'absorber le calorique et de le garder plus longtemps.

Mais ce ne sont là que des effets physiques ; l'engrais exerce aussi un effet chimique, qui vaut à lui seul plus que tous les autres : c'est celui de réparer les pertes du sol et de fournir aux végétaux leurs aliments. C'est le but principal de la fumure des terres.

L'administration des engrais comprend des principes et des règles que nous allons tracer d'une manière sommaire.

Il est hors de doute que plus l'on donne d'engrais à une terre, plus on en augmente le produit. Mais il y a des limites au delà desquelles la quantité de l'engrais, au lieu d'être profitable, serait nuisible. En effet, il augmente la quantité du produit ; mais c'est presque toujours aux dépens de la qualité.

Il faut connaître la nature du sol et la composition des engrais, afin de pouvoir donner au sol l'espèce d'engrais dans lequel se trouvent en abondance les principes qui lui manquent. Il est des plantes qui tirent beaucoup du sol et très-peu de l'atmosphère, les céréales, par exemple ; il en est d'autres, au contraire, qui tirent beaucoup de l'atmosphère et très-peu du sol, les légumineuses. La culture des céréales exige donc une fumure plus abondante que celle des légumineuses.

Pour que les principes alimentaires des plantes puissent être absorbés par leurs racines, il faut qu'ils soient solubles dans l'eau : c'est une condition indispensable. Pour les engrais minéraux, cela ne fait pas de question, ou ils sont solubles, ou ils le deviennent dans le sol. Pour les engrais organiques, il faut qu'ils se décomposent par une combustion lente. Mais les principes nutritifs peuvent se disperser à mesure qu'ils se produisent; si on les enfouit trop tôt, la décomposition se ralentit, et les plantes trouvent alors la disette dans l'abondance, parce que le sol contient une grande quantité de principes nutritifs, mais dans un état tel que les plantes ne peuvent pas se les approprier. Si l'on attend trop pour les enfouir, la décomposition qui procède lentement, mais incessamment, donne des produits volatils qui sont dispersés.

II. ENGRAIS MINÉRAUX.

MODE D'ACTION DES ENGRAIS MINÉRAUX.

Il existe des engrais inorganiques dans la composition desquels on trouve toujours une certaine proportion de substances végétales ou animales en décomposition : ce sont, par exemple, le *merl*, le *trez*, le *tangue;* le *trez* contient de 5,40 à 6,86 pour 100 de débris de végétaux ; le *tangue* donne en eau et en substance organique azotée de 2,44 à 8,00 pour 100. Ce sont des compositions naturelles qui participent à la fois des amendements, des engrais inorganiques et des engrais organiques. Mais il existe aussi des substances minérales pures, qui peuvent, d'une manière directe ou indirecte, contribuer à la nutrition végétale : ce sont elles qu'on appelle proprement *engrais minéral.*

La manière d'agir des engrais minéraux n'est pas la même dans toutes les substances. Tantôt c'est par une décomposition et une composition nouvelle, qui se déterminent dans le sol : le sulfate de fer, par exemple, dans les sols riches en carbonate de chaux, met en liberté une partie d'acide carbonique, et forme du sulfate de chaux ou plâtre, l'un et l'autre utiles aux plantes. Tantôt c'est par la destruction des plantes nuisibles qu'ils viennent en aide aux plantes cultivées ; c'est le cas des *cendres noires,* employées en Belgique sur les prairies : le sulfate de fer qu'elles renferment, décomposé en partie, donne de l'acide sulfurique libre, qui charbonne et convertit en terreau les mousses, les lichens, les joncs, etc. Quelquefois c'est par l'excitation des organes absor-

bants des plantes qui pompent dans l'atmosphère une plus grande quantité d'acide carbonique. Enfin ils contribuent directement à la nutrition, en restituant au sol les principes minéraux que lui ont enlevés les récoltes.

AZOTATES DE POTASSE ET DE SOUDE.

La nature chimique des azotates prédispose favorablement à leur emploi comme engrais : aussi les a-t-on essayés, et avec succès. C'est une pratique qui commence à se répandre en Angleterre : MM. Johnson, Lecoq, Kuhlmann, Chaterley, Barclay, Woght en ont constaté les effets avantageux. Les expériences suivantes prouvent que l'azotate de soude profite aux céréales aussi bien qu'aux prairies.

DAVID BARCLAY.

MATIÈRE EMPLOYÉE.	Quantité par hectare.	Récolte.		Récolte sans engrais.		Différence en faveur des engrais.	
		froment.	paille.	froment.	paille.	froment.	paille.
Azotate de soude du Pérou...........	Kilogr. 125	Hecto. 31,25	Kil. 2,900	Hecto. 27,50	Kil. 2,465	Hecto. 4,65	Kil. 435

FRÉD. KUHLMANN.

MATIÈRE EMPLOYÉE.	Quantité par hectare.	Récolte en foin.	Récolte en foin sans engrais.	Différence en faveur de l'engrais.
	Kil.	Kil.	Kil.	Kil,
Azotate de soude du Pérou...........	133	4,800	4,000	800
	266	5,723	4,000	1,723

« Les expériences récentes semblent démontrer que, pour être favorables à la végétation, les nitrates n'ont pas besoin d'une décomposition préalable. Il suffit qu'ils soient absorbés par les racines. » (Malaguti.)

Pour se rendre compte de l'action fertilisante des azotates, il faut se rappeler que celui de potasse contient 13,70, celui de soude 16,42 pour 100 d'azote. En présence des matières organiques que le sol renferme, sous l'influence de la putréfaction qu'elles subissent, l'acide azotique se trouve réduit, et se transforme en ammoniaque. Il résulte de là que les azotates, pour agir par leur azote sur la végétation, ont besoin d'une certaine quantité d'en-

grais organique : c'est là un fait pratique constaté par les agronomes anglais, qui ont vu l'azotate de soude ne devenir vraiment efficace que lorsqu'il accompagne les fumiers.

Il faut de 125 à 150 kilogrammes d'azotate par hectare : on le pulvérise et on le répand sur les grains et sur les herbages.

C'est un bon engrais, mais il est peu économique : aussi, dans les conditions actuelles, ne peut-il entrer dans les engrais commerciaux.

SELS AMMONIACAUX.

L'utilité des sels ammoniacaux dans la végétation, présumée par la grande quantité d'azote qu'ils contiennent, a été prouvée par les observations et les expériences de MM. Davy, Lecoq, Hugard, Chaterley, Schatenmann, Kuhlmann : nous nous bornons à citer les résultats obtenus par ce dernier.

Nature du sel employé.	Quantité par hectare.	Foin récolté sans addition d'engrais.	Foin récolté avec le sel ammoniacal.	Différence en faveur du sel ammoniacal.
Chlorhydrate d'ammoniaque	266 k.	4000 k.	5716 k.	1716 k.
Sulfate d'ammoniaque......	256	4000	5233	1233
Eau ammoniacale des usines à gaz, avec addition d'acide chlorhydrique.....	5400	4000	6300	2300

Si l'on est d'accord sur l'utilité de ces composés, on ne l'est pas sur leur mode d'action. Il n'est pas probable que les sels ammoniacaux à acide puissant soient absorbés tels qu'ils sont par les racines. M. Bouchardat a vu mourir très-promptement de jeunes plantes, dont les racines plongeaient dans des solutions très-faibles de chlorhydrate, de sulfate et d'azotate d'ammoniaque. En outre, ainsi que le fait remarquer M. Boussingault, si les sels ammoniacaux étaient absorbés en nature par les plantes, on devrait y trouver la proportion correspondante de l'acide des sels; ce qui n'est pas. Ces sels sont donc décomposés dans le sol.

Rien ne s'oppose à l'absorption directe du carbonate d'ammoniaque. Quant à l'azotate, il suffit de se rappeler ce qui a été dit des azotates alcalins. Mais pour le chlorhydrate et le sulfate, une autre interprétation est nécessaire. On sait que les sulfates se changent en sulfures par l'action réductrice des matières organiques en décomposition. Le sulfure d'ammonium, attaqué par l'acide carbonique qui ne manque jamais dans la terre végétale,

peut donner lieu au carbonate d'ammoniaque qui serait absorbé par les racines.

Quant au chlorhydrate, on sait qu'en mêlant du carbonate de chaux en poudre avec du chlorhydrate d'ammoniaque, tant que le mélange est sec, il ne se manifeste aucune réaction : mais si l'on y ajoute du sable mouillé de manière à y conserver un degré convenable d'humidité, il se dégage du carbonate d'ammoniaque : or dans le sol on a tous les éléments de cette réaction.

Pour les prairies, il faut employer 400 kilogr. de sel ammoniac par hectare, pour le blé 200. Dans ce dernier cas, on en donne la moitié en automne dès que le blé est levé, l'autre moitié au printemps. On le donne en solution qui marque 1° à l'aréomètre.

C'est un engrais encore très-cher : il ne couvre pas toujours les frais et paraît d'ailleurs difficile à employer.

PHOSPHATE DE CHAUX.

Pour se faire une idée de l'importance des phosphates dans la végétation, il suffit de jeter un coup d'œil sur leur proportion dans la composition des cendres des végétaux cultivés. Le froment, par exemple, donne à l'analyse 0,47 d'acide phosphorique ; l'avoine 0,14; l'orge 0,39; les fèves 0,37; les pois 0,34; le foin 0,05.

Quel que soit le mode de culture adopté, la récolte en paille et en grains enlève tous les ans au sol une grande quantité de phosphates, qu'il faut lui rendre au moyen des engrais. Le phosphate de chaux peut être rendu au sol de trois manières différentes; le fumier de l'étable, employé à la dose convenable, restitue à chaque hectare à peu de chose près la même quantité de phosphate qu'en enlève une récolte moyenne.

Le phosphate de chaux est souvent employé sous la forme organique des os.

Enfin, depuis quelques années, l'emploi direct des phosphates de chaux fossiles a pris une grande extension. Les roches de phosphate de chaux se rencontrent en Angleterre et en Hongrie; mais en Espagne surtout; près de Truxillo en Estramadure, on en trouve des couches d'une épaisseur remarquable : c'est une espèce d'*apatite* qui se compose de :

Silice	1,70
Peroxyde de fer	3,15
Fluorure de calcium	14,00
Phosphate de chaux	81,15
	100,00

Le docteur Daubeny et le capitaine Widdrington, en 1845, ont été en Espagne pour examiner cette roche, et à leur retour en ont importé en Angleterre une assez grande quantité pour en essayer la puissance fertilisante.

	Kilogr. d'engrais par hectare.	Livres anglaises de produit par are.	Kilogr. par hectare.
Sol non fumé	»	44,889	41,858
Sol fumé avec os concassés	500	54,449	50,873
Sol avec apatite d'Espagne	600	70,655	65,885
Sol fumé avec apatite d'Espagne mêlée d'acide sulfurique	600	65,345	60,930
Sol fumé avec guano de l'Amérique du Sud	100	78,174	72,908
Sol fumé avec os mêlés d'acide sulfurique	550	49,498	46,155
Sol fumé avec os en poudre fine	600	81,601	76,093
Sol fumé avec fumier d'étable	55,865	89,388	83,328

L'apatite d'Espagne, c'est-à-dire le phosphate de chaux, est un engrais presque aussi bon que les os en poudre fine, et plus puissant que les os concassés.

SULFATES ET ACIDE SULFURIQUE.

Sulfate de chaux, plâtre.—L'action fertilisante du plâtre, convenablement employé, est incontestable. Tout le monde connaît l'artifice de B. Franklin pour en convaincre les Américains. Mais, quant à sa manière d'agir sur la végétation, on n'est pas d'accord. Trois hypothèses sont en présence : Davy prétend qu'il est absorbé en nature, Liebig croit qu'il fixe le carbonate ammoniacal des eaux pluviales, Boussingault soutient que le plâtre agit purement et simplement comme source de chaux. L'action du plâtre, très-probablement, est complexe : car rien ne s'oppose à ce qu'il en soit absorbé en partie, et à ce que l'ammoniaque des pluies soit fixée par son intermédiaire, quoique son action principale soit due à sa transformation en carbonate de chaux.

On distingue le plâtre *cru* et le plâtre *cuit* ou *calciné*.

On en donne environ 3 hectolitres par hectare. On le pulvérise, et on le répand à la main au printemps sur les plantes, lorsqu'elles ont atteint la hauteur de 12 à 15 centimètres.

Son action est favorisée par l'humidité et la chaleur. Les grandes pluies nuisent à son effet, les gelées empêchent et quelquefois détruisent son action, la sécheresse l'arrête.

C'est sur les terrains argileux, calcaires et sablonneux qu'il réussit le mieux. Ses effets sont encore plus remarquables, lorsqu'il est associé au fumier.

Son efficacité, très-marquée sur les légumineuses, est assez sensible aussi sur le tabac, le colza, le chou, le chanvre, le lin, mais presque nulle sur les céréales.

Sulfate de fer.—MM. Gry, Leclerc et Maître ont démontré que le sulfate de fer, en proportion convenable, peut influencer favorablement la végétation. Son action ne diffère pas de beaucoup de celle du plâtre. Il coûte plus cher.

Acide sulfurique.—On a proposé, dans les pays à sol calcaire éloignés de carrières de plâtre, de suppléer à ce produit en arrosant le terrain avec de l'acide sulfurique étendu d'eau.

CHLORURE DE SODIUM.

Dans la bonne culture, lorsqu'on fume convenablement la terre, la quantité d'alcalis enlevés par la récolte est remplacée surabondamment par les alcalis contenus dans le fumier qu'on lui donne. Il existe cependant des sels alcalins qui ne manquent pas de profiter à la végétation.

Il est hors de doute que le sel marin en excès nuit à la végétation; les terres salées en sont une preuve : mais, employé dans une proportion convenable, il ajoute à la fécondité du sol.

Suivant M. Becquerel, les plantes en absorbent une assez grande quantité; et M. Lecoq a démontré que par son action elles s'assimilent une plus grande quantité de carbone. Mais il a aussi une action indirecte; car le chlorure de sodium, mêlé au carbonate de chaux, sous l'influence combinée de l'humidité, de l'air et de la capillarité, se change en carbonate de soude.

Quoi qu'il en soit, on ne doit jamais l'employer qu'avec les plus grandes précautions.

Il faut le dissoudre dans l'eau en petite proportion, et arroser de cette solution les plantes déjà levées : les semences en germination en seraient endommagées. On peut aussi le mêler aux fumiers.

Les grandes pluies l'entraînent dans les couches inférieures du sol : la sécheresse le rend nuisible. Aussi exige-t-il un degré convenable d'humidité.

Dans les terrains sablonneux et légers, comme dans ceux argileux et forts, le sel est nuisible : c'est dans les sols argilo-calcaires qu'il exerce la plus favorable influence.

Suivant MM. Girardin, Dubreuil et Fauchet, on doit en donner de 200 à 500 kil. par hectare. D'après M. Lecoq, il en faut pour la luzerne 150 kil. par hectare; pour le froment et le lin, 250; pour l'orge et les pommes de terre, 300. C'est un engrais d'un prix élevé, lorsqu'il est frappé d'un droit; néanmoins il procure un certain bénéfice.

CENDRES.

Cendres de bois.—La différence de proportion dans les éléments des cendres est tellement variable d'une plante à une autre, qu'il serait superflu de les indiquer ici. Nous nous bornons à en exposer la composition en général.

SUBSTANCES SOLUBLES.	SUBSTANCES INSOLUBLES.
Carbonate de potasse.	Carbonates de chaux et de magnésie.
— de soude.	Phosphates de chaux et de magnésie.
Sulfate et phosphate de potasse.	Chaux et magnésie caustiques.
Chlorure de potassium.	Silice.
Silicate de potasse.	Oxydes de fer et de manganèse.
— de soude.	Charbon divisé.

Parmi les substances insolubles, c'est le carbonate de chaux qui domine; puis viennent les phosphates terreux. Les substances solubles se composent en grande partie de carbonate potassique; la soude s'y trouve toujours en petite proportion. Les cendres lessivées à l'eau laissent un résidu (*charrée*) qui renferme encore des substances solubles. MM. Moride et Bobierre y ont trouvé de 6 à 11 p. 100 de matières organiques et de sels solubles dans l'eau.

Cendres de tourbe.—Les cendres de tourbe présentent dans leur composition une différence qui correspond à la diversité des végétaux dont elles dérivent, et même au degré de leur décomposition. Elles renferment principalement de la chaux carbonatée, de l'argile, de l'oxyde de fer, de la magnésie, et un peu de carbonate de potasse.

Cendres de houilles.—Quoique la proportion des cendres dans les houilles varie de 1 à 28 pour 100, la composition est assez constante. On y trouve ordinairement :

Argile inattaquable par les acides	62
Alumine	5
Chaux	6
Magnésie	8
Oxyde de manganèse	3
Oxyde et sulfure de fer	16
	100

Cendres de varechs.— Les varechs, les fucus donnent par la combustion des cendres qu'on emploie comme engrais, mais dont la principale utilisation est la fabrication des produits chimiques. (Voy. *Cendres de varechs*, CEN.)

Cendres pyriteuses.—En Picardie, on trouve près de la surface du sol des couches de lignites noirs, alumineux et pyriteux, qu'on emploie en agriculture sous le nom de *cendres noires*, *terres noires de Picardie, cendres pyriteuses, cendres sulfuriques végétatives.* On appelle *cendres rouges* ces mêmes cendres calcinées et lessivées. En voici la composition, d'après MM. Girardin et Bidart :

Matières solubles dans l'eau. 4,53.	
Matières organiques ou humus soluble	2,74
Sulfate de peroxyde de fer / Sulate de protoxyde de fer	1,79
Matières insolubles dans l'eau. 95,47.	
Sable fin	38,92
Humus insoluble	49,83
Sulfure de fer / Peroxyde de fer	6,72
	100,00

Les cendres de houille, par leur composition, agissent plutôt comme amendement que comme engrais.

Les cendres de bois agissent comme engrais et comme amendement : celles de varechs sont très-puissantes, attendu la quantité de sels solubles, surtout de chlorure sodique qu'elles renferment : les pyriteuses sont encore plus avantageuses, par la grande proportion d'humus insoluble qu'elles contiennent : celles de tourbe le sont moins, et doivent leur faible efficacité principalement aux sels calcaires.

Les cendres conviennent à presque toutes les espèces de terrains ; mais leurs effets sont plus remarquables sur les terres argileuses, compactes, humides et froides.

Elles développent leur action sur toute espèce de plantes ; mais les cultures où on les emploie le plus communément et le plus profitablement sont les légumineuses, le tabac, le colza, le chou et toute espèce de prairie.

On les applique en poudre et en compost. En poudre, on les répand à la main sur les plantes au printemps : pour les blés, on en donne moitié à l'époque des labours pour les semis, moitié au printemps, lorsque les plantes ont suffisamment levé. En compost, on les mêle au fumier.

u'il convient le plus ; les terres calcaires y gagnent
s sols sablonneux et légers pourraient être dété-
ıoyen.

III.—ENGRAIS ORGANIQUES.

ENGRAIS VÉGÉTAL.

en se décomposant, fournissent à la terre les élé-
ıutrition d'autres plantes : on désigne sous le nom
tal celui qui ne se compose que de plantes en

—On appelle engrais vert les plantes enfouies toutes
une pratique très-ancienne que d'enterrer les four-
ure : elle dure encore dans certaines contrées, sur-
di.

condition qu'on demande à tout engrais est de
incipes alimentaires pour les plantes qu'on cultive.
on enfouit comme engrais vert appartiennent, pour
légumineuses, qui tirent peu du sol, beaucoup de
un surplus de carbone et d'azote emprunté à l'air
ans le sol. L'engrais vert modifie, mieux que les
acité du sol, qui en devient plus poreux et moins
position dure plus longtemps. Par sa grande quan-
gétation, il assure une plus longue durée à la fraî-
c'est pourquoi la pratique en est plus commune
ides du Midi.

mploi de l'engrais vert n'est admissible que dans
perfection des moyens agricoles ne permet pas
ntageusement à la nourriture du bétail le fourrage
nfoui.

u'on préfère pour fourrages à enfouir sont en pre-
lupin, les fèves et les trèfles ; puis les vesces, les
tte ; enfin le seigle et le sarrasin. Les feuilles de
re, de navets, de betteraves, d'après M. Boussin-
t plus comme engrais vert que comme aliment de

ıt un fourrage à enfouir, il faut semer serré pour
grande masse de substance végétale. Il faut l'en-
ıt où les plantes sont sur le point de fleurir, parce
aison elles tirent plus du sol que de l'air, l'enfon-
ıdeur convenable, et ser temps après.

Il ne peut être employé seul ; une addition de fumier est toujours nécessaire.

Un grand nombre de plantes et de débris de plantes sont utilisés comme engrais, après avoir subi un commencement de putréfaction. On tire aussi parti des fougères, des bruyères, des roseaux, des sarments, des topinambours, des genêts, des feuilles tombées des différents arbres, du buis, des pins, des varechs ou goëmons, de la sciure de bois, du tan, de l'eau de rouissage, etc. En général, on les entasse en monceaux, et, après quelques semaines de fermentation, on les enfouit.

Ce genre d'engrais est insuffisant : pour avoir une récolte ordinaire, il faut y ajouter du fumier.

Résidus de grains et de fruits.— Les grains et les fruits sont, en général, plus riches en azote et en sels solubles que toutes les autres parties des végétaux : ainsi leurs résidus constituent des engrais plus actifs. On a dans cette catégorie les lupins cuits ; les *touraillons*, ou radicelles extraites de l'orge et du seigle germés, chez les brasseurs ; les marcs de raisins, d'olives, de drèches, de pommes, de poires, de houblon ; les tourteaux d'arachide, de caméline, de sésame, d'œillette, de noix, de lin, de madia, de colza, de chènevis, de graines de coton ; la pulpe des pommes de terre et de betterave, résidus de fabriques.

On les emploie réduits en poudre ; plus souvent on les délaye dans l'eau, le purin ou les urines ; quelquefois on les mêle aux fumiers ; les marcs de pommes et de poires servent à former un compost avec de la terre et de la chaux vive, dans la proportion de 2 de marc, 3 de terre et 3 de chaux : c'est une préparation nécessaire pour neutraliser l'acide dont ces marcs sont chargés. Quant aux marcs et tourteaux riches en huile, il faut bien se garder de les employer sur les semailles : ils empêcheraient la germination.

Ils conviennent surtout aux terres légères, meubles, sablonneuses. Ils profitent à toute espèce de cultures ; mais on les emploie principalement pour les céréales, le lin, le colza et autres graines oléagineuses. Ce sont des engrais chauds ; ils durent ordinairement un an : quelques-uns, comme les tourteaux de lin et de colza, font sentir leur action pendant deux ans.

On en donne à différentes doses, selon le degré de richesse en azote et en sels solubles. Pour le colza, par exemple, la quantité varie de 1,000 à 1,500 et jusqu'à 2,000 kilogr. par hectare. Il est toujours préférable de les employer en demi-fumure.

ENGRAIS ANIMAL.

Si l'on compare la composition des végétaux avec la composition des excréments des animaux, on est frappé de la grande analogie dans la nature de leurs éléments et dans leurs proportions. C'est cette comparaison qui fait dire à M. Liebig que les excréments, liquides et solides, *ne sont que les cendres des végétaux brûlés dans l'organisme animal.* Ainsi les animaux, par leurs déjections, rendent à la terre ce qu'ils en ont enlevé par les végétaux qu'ils se sont appropriés.

« Quant à la manière dont cette restitution pourra se réaliser, il suffit de se rappeler que toute substance qui a vécu, une fois soustraite à la vie, tend à se décomposer et à ramener ses éléments organiques à l'état minéral : elle y ramène le carbone sous forme d'acide carbonique, l'hydrogène sous forme d'eau, l'azote sous forme d'ammoniaque. » (MALAGUTI.)

Mais si les animaux vivants fertilisent les terres par leurs excrétions, morts ils l'engraissent par toutes les parties de leur corps. L'agriculture a tiré parti de toutes ces sources de fécondité, et a réduit de nouveau en aliments les excréments, les débris d'animaux, et les résidus de substances animales employées dans les fabriques.

Excréments solides de l'homme.— Les excréments humains constituent le plus riche de tous les engrais. Pour en apprécier la valeur, il suffit de rappeler les résultats obtenus par Hermstaed et Schubler. Un sol, supposé capable de donner spontanément trois fois la semence, donnera à surface égale :

Avec des engrais végétaux	5	fois la semence.
— du fumier d'étable	7	—
— de la colombine	9	—
— du fumier de cheval	10	—
— de l'urine humaine	12	—
— des excréments humains	14	—

On emploie cet engrais de différentes manières. Aux environs de Grenoble, on le donne aux chanvres tel qu'il sort des fosses. A Lyon et dans quelques localités de la Toscane, on le délaye dans l'eau, et on en arrose les champs, surtout la luzerne.—En Chine, on le pétrit avec de l'argile, et on en forme des briques que l'on pulvérise lorsqu'elles sont sèches.—A Paris on le dessèche, et on en forme la *poudrette* par un procédé qui exige de 4 à 6 ans.— En Flandre, on le recueille dans les villes; on le transporte aux

fermes, et on le jette dans des citernes construites exprès pour cet usage; là on laisse fermenter pendant quelques mois, et l'on ne vide jamais complétement : on ajoute de nouvelles matières, à mesure qu'on en tire pour les besoins. Il en résulte une matière plutôt visqueuse que liquide : c'est l'*engrais flamand*, la *gadoue*, la *couche-graisse*. —En 1833, M. Salmon conçut l'idée de désinfecter les matières fécales, et de leur conserver toute leur puissance fertilisante, en fixant et en condensant les principes volatils par des substances absorbantes : il y réussit en les mêlant au terreau calciné; ce produit a été appelé *noir animalisé*.— Aujourd'hui MM. Brigonet et Ce commencent par désinfecter les matières fécales dans les latrines, en y jetant de la couperose, ou vitriol vert; l'hydrosulfalte d'ammoniaque est alors décomposé en sulfure de fer et en sulfate d'ammoniaque. On les transporte ensuite à l'usine, et on les mêle à un volume égal de terre carbonisée. A mesure que le mélange se dessèche, on y ajoute d'autres matières fécales, jusqu'à ce que la terre reste dans la proportion d'un quart de tout le volume. Au bout d'un ou deux mois l'engrais est formé et constitue une autre variété de *noir animalisé*. M. Mosselmann le prépare sous forme de magma en le mélangeant avec de la chaux éteinte dans les eaux vannes.

D'après Berzélius les excréments humains ont la composition suivante :

Eau			73,3
Matières solubles dans l'eau	Bile	0,9	5,7
	Albumine	0,9	
	Matière extractive particulière	2,7	
	Sels	1,2	
Résidus insolubles des aliments digérés (débris organiques)			7,0
Matières insolubles qui s'ajoutent dans le canal intestinal, tels que mucus, résine biliaire, graisse, matière animale particulière, etc.			14,0
			100,0

La poudrette de Montfaucon et de Paris est composée comme il suit :

Eau	32,5
Sels ammoniacaux, représentant 1,35 d'ammoniaque	3,9
Matières organiques azotées, représentant 0,93 d'ammoniaque	18,1
Matières minérales fixes	25,0
	100,5

La meilleure méthode d'appliquer cet engrais est celle qui donne l'*engrais flamand* : mais elle présente le grand inconvé-

nient d'exhaler une odeur repoussante et nuisible. La transformation en *poudrette* est un véritable gaspillage. Le *noir animalisé* constitue la forme d'application la plus convenable, parce que les principes volatils sont fixés dans le mélange, l'odeur infecte est détruite et la décomposition retardée.

L'engrais humain est d'une grande puissance, mais très-chaud; son action ne se prolonge donc pas au delà de la saison. Il convient à toutes les périodes de la végétation; mais il ne faut pas l'employer dans le temps sec, parce que la chaleur le décompose trop rapidement et en dissipe les principes volatils : c'est pourquoi on préfère le distribuer dans les journées couvertes ou pluvieuses.

On emploie par hectare 120 à 140 hect. d'engrais flamand, 18 à 25 hect. de poudrette, 15 de noir animalisé.

Colombine et poulaille.—Les excréments des pigeons et des poules ont une action fertilisante supérieure à celle des excréments des herbivores. Voilà leur composition, d'après M. Girardin.

	Excréments de Pigeons.	Excréments de Poules.
Eau	79,00	72,90
Matières organiques (débris de ligneux et de plumes, acide urique, urate d'ammoniaque)	18,11	16,20
Matières salines (phosphate et carbonate de chaux, sels alcalins), etc.	2,28	5,24
Graviers et sable siliceux	0,61	5,66
	100,00	100,00

Dans le nord de la France, on l'emploie dans les champs, parce qu'on y élève beaucoup de pigeons; partout ailleurs on s'en sert pour l'horticulture. C'est un engrais puissant et chaud. Il en faut près de 2,000 kil. par hectare.

Guano.—Dans la mer du Sud, en Amérique et même en Afrique, on trouve sur les côtes des couches de guano qui ont jusqu'à 20 mètres d'épaisseur : ce sont des excréments d'oiseaux de mer, accumulés pendant des siècles. M. de Humboldt les signala au commencement du siècle, et Davy recommandait le guano en 1810 : mais ce ne fut qu'en 1841 que M. Myers de Liverpool en fit venir une certaine quantité pour fumer ses terres; depuis lors l'importation s'en est accrue d'une manière étonnante.

La richesse de cet engrais n'est pas égale dans toutes les espèces: l'américain, par exemple, est plus riche que l'africain; et dans l'un et l'autre il y a une différence selon la diversité des

lieux où gisent les dépôts. L'analyse chimique donne des résultats très-différents : en voici quelques-uns.

	Guano d'Amérique.			Guano d'Afrique.		
	1	2	3	1	2	8
Eau	22,2	26,0	25,0	25,0	28,5	27,13
Matières organiques destructibles par la chaleur, contenant des acides oxalique, ulmique, urique	11,3	36,5	35,0	30,5	37,0	42,59
Ammoniaque à l'état de sels, carbonate, urate, etc.	31,7	8,6	7,5	9,5	9,5	
Sels alcalins fixes, chlorures, phosphates, sulfates	8,1	6,5	8,2	7,3	6,5	7,08
Phosphate de chaux et de magnésie.	22,5	20,5	22,5	17,5	18,5	22,39
Oxalate de chaux	2,6	»	»	»	»	»
Sable et matières terreuses	1,6	1,5	2,0	1,3	0,5	0,81
	10 ,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,00

On trouve donc dans le guano, condensés en peu de volume, tous les principes, organiques et inorganiques, qui sont nécessaires à l'alimentation des végétaux. Il convient à presque toutes les cultures, si on en excepte la vigne et la betterave.

C'est un engrais très-chaud : il agit très-promptement, mais son action ne dépasse pas la récolte de l'année.

On en donne de 300 à 400 kilogrammes par hectare. On peut en donner même davantage; mais il faut se rappeler les expériences de M. Rieffel à la ferme de Grand-Jouan, et desquelles il résulte que les terres fumées avec un excès de guano ne produisent pas plus que les terres fumées dans des proportions convenables. Il y a encore un autre inconvénient à forcer la dose du guano ; car d'après les essais de lord Blantyre, de M. Pusey, et de MM. Delobelliat, Rieffel, et de Bec, on voit s'accroître toujours la proportion de la production de la paille sur celle des grains, à mesure qu'on augmente la quantité de guano.

On le répand en poudre : mais il vaut mieux le mêler au plâtre, au terreau, au sable, aux cendres, à la poussière de charbon : le guano et le plâtre à parties égales constituent un des meilleurs composts. Il faut se garder de le répandre à une époque trop rapprochée des semailles ; on risquerait d'empêcher la germination. On le donne en deux fois : une moitié au temps des labours, quelques semaines avant les semailles ; l'autre en couverture, lorsque les plantes sont bien levées. Pour les prairies artificielles, on répand la seconde moitié après la première coupe.

On choisit un temps humide : les pluies, à moins qu'elles ne

soient trop violentes, favorisent son action. La chaleur lui est nuisible.

Guano artificiel.—Les nombreuses recherches de guano ont produit deux effets, le renchérissement et les fraudes. On s'est en outre occupé à fabriquer des imitations de guano. En voici deux recettes :

RECETTE DE M. JOHNSTON.	
Poussière d'os .... kil.	315
Sulfate d'ammoniaque..........	100
Sel marin......................	100
Cendres neuves................	5
Sulfate de soude sec...........	11
	531

RECETTE DE M. POTTER.	
Poussière d'os............ kil.	200
Sulfate de chaux..............	100
Sel marin......................	100
Sulfate de soude...............	75
Sulf. d'am. délayé dans l'urine.	25
	500

C'est la dose pour la fumure d'une hectare ; et on assure que son effet égale l'effet de 400 kil. de guano.

Excréments d'herbivores.—Nous ne nous occuperons que des excréments des bêtes à cornes, du cheval, du porc et du mouton : on peut rapporter le mulet et l'âne au cheval ; la chèvre à peu de chose près au mouton.

Les excréments des bêtes à cornes, ou *bouses,* sont plus aqueux, plus frais, moins actifs que les autres : ils se décomposent plus lentement, et par conséquent leur action, quoique moins énergique, est plus continue, plus égale, et plus prolongée. C'est un engrais qui convient, plus que tout autre, aux terres légères, sablonneuses ou calcaires. Il est rare qu'on l'emploie seul ; on le destine à la formation du fumier d'étable.

Les excréments ou crottins de cheval constituent un engrais très-chaud, peu aqueux, d'une rapide fermentation, et d'une prompte décomposition : aussi convient-il aux terres fraîches, argileuses. On ne l'emploie presque jamais seul : on en fait le fumier d'écurie.

La fiente de porc est généralement regardée comme un engrais froid, bien inférieur à la bouse de vache; mais c'est à tort. Schwertz a reconnu, par expérience, que le fumier des porcs produit un effet plus grand, dans les mêmes terres et sur les mêmes plantes, que celui des vaches; c'est un engrais frais. On ne l'emploie seul que sur les prairies, parce qu'il contient des semences de mauvaises herbes échappées à la digestion, qui infesteraient les terres arables. Ordinairement on l'ajoute au fumier d'écurie.

Les crottins de mouton, moins chauds que ceux de cheval, moins froids que la bouse de vache, constituent un engrais plus substantiel que les autres excréments d'herbivores. Dans quelques pays, on les laisse mêlés à la litière jusqu'au moment de les transporter aux champs : là ils sont foulés et tassés par les pieds des animaux, et comme ils sont naturellement secs, la fermentation ne s'y établit que très-lentement. Aussi, lorsqu'on veut les employer, il faut les tourner, les mêler à la paille, et arroser le mélange pour hâter la fermentation. Dans les grandes bergeries du Midi, on balaye le sol uni de la bergerie, on fait des monceaux de crottin, et on les vend; mais la méthode plus commune de donner l'engrais de mouton est le parcage.

L'engrais de mouton profite à tous les sols; mais c'est aux argileux et compactes qu'il convient le plus. Son action ne dépasse pas deux ans ; et il n'est vraiment efficace que dans la première année.

D'après M. Girardin, les excréments des herbivores possèdent la composition suivante :

	Vache.	Cheval.	Porc.	Mouton
Eau	79.724	78.36	75.00	68.71
Matières organiques	16.046	19.10	20.15	23.16
Matières minérales, salines ou autres	4.230	2.54	4.85	8.13
	100.000	100.00	100.00	100.00

Parcage.—Le parcage consiste à réunir sur un espace déterminé un nombre suffisant de moutons, à les y renfermer au moyen de claies, et à les y faire séjourner jusqu'à ce que la terre en soit convenablement fumée. Dans une partie de l'Auvergne, on fait parquer pêle-mêle les chevaux, les ânes, les bœufs, les porcs, les moutons, et on se trouve fort bien de cet usage.

Avant de parquer, il est bon de labourer la terre pour la disposer à mieux recevoir l'engrais : après le parcage on donne un autre labour pour enterrer l'engrais. Pour que la fumure soit égale, il faut que le troupeau soit resserré dans peu d'espace. On calcule, en général, qu'un mouton peut fumer dans une nuit un mètre carré, selon M. Boussingault un mètre et un tiers.

Urine, engrais liquide.—L'urine est un des engrais les plus prompts et les plus puissants : c'est sans doute par sa richesse en principes azotés et salins, et par la facilité avec laquelle ils se

désagrégent pour servir à la nutrition. Voici la composition de quelques urines.

	Homme.	Cheval.	Bœuf.	Vache.	Veau.	Mouton.	Porc.
Eau	93.300	91.076	91.756	92.132	99.380	96.00	97.880
Matières organiq..	4.856	4.831	5.548	4.198	0.236	2.80	0.524
Matières minérales	1.844	4.093	2.696	3.670	0.384	1.20	1.596
	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.00	100.000

Les matières organiques se composent de mucus, de substances animales indéterminées, des acides urique, lactique, hippurique, et surtout d'urée. Les matières minérales consistent en sulfates, phosphates, carbonates et lactates de potasse et de soude, chlorure de sodium, lactate et chlorhydrate d'ammoniaque, carbonates et phosphates de chaux et de magnésie, silice et traces de fer.

Ordinairement les urines se mêlent aux fumiers dans les étables, et c'est à elles qu'ils doivent une grande partie de leur efficacité : mais une partie de leurs principes les plus énergiques se dissipent et se perdent par évaporation. En Flandre, en Belgique et en Suisse, on les recueille, et on en fait l'engrais liquide, qu'on répand sur les champs au moyen de chariots-arrosoirs.

On a l'habitude d'attendre un commencement de putréfaction : on la rend ainsi plus applicable, mais il y a toujours une perte de principes fertilisants dans les gaz qui s'évaporent. Quand on peut l'employer fraîche, on l'étend de quatre fois son volume d'eau : s'il faut attendre, on peut éviter les pertes en y mêlant par chaque hectolitre d'urine 40 à 50 grammes de plâtre ou de sulfate de soude, ou 35 à 40 de sulfate de fer ou couperose, ou enfin 12 à 15 d'acide sulfurique.

C'est un engrais qui profite à tous les sols, mais de préférence aux sols légers, sablonneux ou calcaires. Il n'y a pas de culture qui ne s'en ressente fort bien. Il est précieux au printemps pour les céréales qui ont souffert de l'hiver : pour les prairies artificielles, alterné avec le plâtre, il donne des récoltes magnifiques, même dans les sables les plus stériles : Dickenson, avec 125 hectolitres d'urine de cheval étendue de 250 hectolitres d'eau, a obtenu sur un hectare de prairie jusqu'à neuf coupes de fourrage vert. Son action ne se prolonge pas au delà d'un an ; mais les prairies s'en ressentent pendant deux ou trois ans.

Débris d'animaux morts, sang. — Pour concevoir la valeur du sang comme engrais, il faut en examiner la composition :

Eau	79.037
Matières grasses, matières extractives solubles; matières salines solubles et insolubles	1.098
Albumine	19.343
Fibrine	0.235
Matière colorante rouge	0.227
	100.000

C'est donc un engrais très-riche en azote, mais renfermant trop peu de substances salines.

En Belgique, d'après Schwerz, quand on doit tuer un animal malade, on le mène aux champs; on lui ouvre les veines, et on lui fait répandre son sang, en marchant jusqu'à ce qu'il tombe; c'est là une pratique barbare.

M. Derone fait coaguler le sang par l'ébullition, puis le dessèche à l'étuve ou à l'air; on peut ainsi le conserver, et, à son temps, le répandre en poudre : mais il est devenu encore plus pauvre en substances salines, parce que ses sels ont été emportés par le sérum. La pratique de M. Nivière paraît préférable; on jette le sang sur de la terre fortement chauffée au four, on broie et mélange le tout avec soin; puis on saupoudre de plâtre et de poussière de charbon de bois pour fixer les gaz qui se développent. C'est un composé qui ajoute au sang, par le plâtre et la poussière de charbon de bois, les principes minéraux dont il manque. Il faut 750 kilogrammes de sang sec par hectare; quant au compost de M. Nivière, qui mêle une partie de sang à trois parties de terre, il en faut 30 hectolitres par hectare.

Chairs, issues. — Voici la composition de la chair musculaire et de quelques-uns des viscères principaux.

	Chair.	Foie.	Rate.
Eau	75.82	68.64	90.24
Matières organiques	20.45	26.26	5.96
Graisse	1.68	3.89	2.50
Substances salines	2.05	1.21	1.40
	100.00	100.00	100.00

On peut donc en faire un engrais plus riche, même que celui du sang. En effet, dans les abattoirs, après avoir fait bouillir les cadavres des chevaux dans de grandes cuves en bois chauffées à la

.peur, on débarrasse la chair des os, on fait dessécher au soleil, ais on termine cette dessiccation dans une étuve à courant d'air c. Réduite en poudre grossière, cette matière constitue un cellent engrais, qui soutient pendant longtemps la fertilité du l. Il en faut environ 500 kilogr. par hectare. En Belgique, on euse une fosse peu profonde; on y place l'animal écorché; on saupoudre de chaux, et on le recouvre de terre. Après une uinzaine de jours, on le déterre, on sépare des os les débris, u'on mêle avec 3 ou 6 fois leur poids de bonne terre. Un mois lus tard, le compost est parfait, et on peut l'employer à la dose e 4,000 kilogr. par hectare.

Os.—Quoique variable dans les différentes conditions d'espèce, l'âge et de nourriture, la composition des os en général comporte n moyenne, sur 100 parties, 33 à 40 de substances organiques t 67 à 60 de matières salines. C'est donc un engrais très-précieux; t si ses principes n'étaient pas si difficiles à désagréger, il 'aurait peut-être pas d'égal. Aussi le premier soin du cultiva-eur est-il de les préparer de manière à les rendre plus facilement ttaquables par les agents décomposants : c'est pourquoi on les roie, soit à l'aide du moulin à râpe, soit avec le moulin à cylin-res dentés. En général, plus les morceaux sont minces, moins en faut sur la terre, et plus prompts en sont les effets. On les auffe, pour avoir moins de peine à les concasser.

« Voici comment les os se comportent quand on les répand r le sol comme engrais : la graisse qu'ils contiennent, liquéfiée r la chaleur du soleil, est en partie absorbée par la terre : and ils sont ainsi dégraissés mécaniquement, les os deviennent us facilement attaquables par l'action combinée de l'air et de au, et c'est alors que les réactions chimiques commencent. Le su cellulaire azoté se décompose et fournit beaucoup de car-nate d'ammoniaque et d'autres sels ammonicaux : une partie carbonate d'ammoniaque saponifie la graisse, et forme une pèce de savon, que l'eau des pluies entraîne dans le sol, où opère comme engrais : le restant des sels ammoniacaux est re-nu par les os pulvérisés, qui agissent comme corps poreux en sorbant sept volumes et demi de gaz ammoniac. » (GIRARDIN et UBREUIL.)

Le duc de Richmond a introduit en Angleterre une méthode 'emploi des os comme engrais, qui a le précieux avantage d'en âter la décomposition, et de rendre l'assimilation des phosphates resque aussi facile que celle des sels solubles. Il mêle 20 kilo-

grammes d'os pulvérisés avec 10 kilogr. d'acide sulfurique délayé dans 30 d'eau, et agite le mélange : après vingt-quatre heures, tout se réduit en une bouillie épaisse. On y ajoute 1,000 litres d'eau, et on la répand sur les champs. Les expériences, qu'on a faites en Angleterre tendent à prouver que ce mélange profite au blé mieux encore que le fumier et le guano.

On a observé, en Angleterre, que les os ne conviennent pas aux sols compactes, humides, argileux, calcaires ; mais qu'ils sont très-avantageux sur les terrains légers, et même sur les sols tourbeux, pourvu qu'ils ne soient pas marécageux. Ordinairement on les mêle au fumier. Lorsque la poudre est assez fine, il suffit d'en ajouter 700 à 800 kilogr. par hectare ; il en faut 1,200 à 1,500 kilogr., lorsqu'ils sont grossièrement concassés : dans le premiers cas, le sol s'en ressent pendant quatre ou cinq ans; dans l'autre, jusqu'à huit ou dix ans.

Tissus cornés.—Les cornes, les ongles, les sabots, les cheveux, les plumes, la laine, l'épiderme, le cuir ont une composition presque identique. Voici l'analyse de quelques-uns d'entre eux :

	Épiderme.	Sabot de cheval.	Cornes de vache.	Cheveux.
Carbone	50.28	51.41	51.03	50.65
Hydrogène	6.76	6.96	6.80	6.36
Azote	17.21	17.46	16.24	17.14
Oxygène	25.01	19.94	22.51	21.81
Soufre	0.74	4.23	3.60	5.00

D'où l'on voit qu'il y a très-peu de substances organiques qui soient aussi riches en azote que les débris dont nous venons de parler; mais la proportion des matières salines est par contre excessivement faible. Ces débris sont très-difficiles à décomposer. Aussi ne convient-il de les employer qu'en morceaux très-minces ou en poudre, dans les sols légers, sablonneux, calcaires ; et faut-il en attendre les effets pendant une longue série d'années.

Restes de poissons.—Sur toutes les côtes où l'on pêche, et dans toutes les villes où l'on prépare des poissons, on se sert de leurs débris pour engrais, en faisant des composts avec de la terre. M. Gautier présenta en 1853, au gouvernement anglais, une note où il proposait de réduire en engrais pulvérulent les résidus des pêches de Terre-Neuve. A Belle-Isle en mer, on prépare cet engrais en faisant réagir la chaux sur le poisson frais.

Voici l'analyse de quelques échantillons de ces engrais :

	Poudre préparée par M. Gautier.	Poudre de choix de poissons.	Poudre d'os de poissons.	Poudre de résidus de morue.	Poudre de morue salée avariée.
Eau	1.00	»	»	»	»
Matière organiq. azotée	80.00	77.50	34.20	67.50	82.75
Sels solubles, chlorures, carbonates, sulfates.	4.50	2.25	1.85	1.05	6.60
Silice et sels insolubles, phosphates et carbonates de chaux et de magnésie	14.50	20.25	63.95	31.45	10.65

On voit que c'est un engrais très-riche ; mais on ne sait pas encore ce qu'il coûte au cultivateur.

Coquilles.—Les coquilles d'huîtres, de moules, d'oursins et autres se composent de carbonate de chaux, dans la proportion de neuf dixièmes environ ; mais dans l'autre dixième on trouve des sels solubles et de la matière organique azotée. C'est donc un engrais amendement assez énergique.

Résidus de fabriques.—Dans toutes les fabriques, où l'on emploie une certaine quantité de substances animales, on obtient des résidus qui peuvent être employés avec profit comme engrais.

Dans les fabriques de suif, on a les *pains de creton*, qui se composent en grande partie de tissu cellulaire, de graisse, de sang, de chair et d'os. Ainsi l'analyse y a découvert 11 à 12 pour 100 d'azote : c'est donc un bon engrais, qu'on donne à la dose de 1,000 kilogrammes par hectare.

Dans les fabriques de colle-forte, il reste dans les chaudières une masse qui diffère, dans sa composition, selon la nature des substances employées, et qu'on appelle *marcs de colle.* On en distingue deux espèces : l'une, qui vient des rognures de peaux et de tendons ; l'autre qui dérive des os et des déchets de tabletiers. Celle-ci est plus riche en substances salines, celle-là plus riche en azote, et on a raison de la préférer. Il en faut de 500 à 700 kilogrammes. On s'en sert plus souvent pour en faire des composts.

Mais le plus important de tous les résidus de fabriques est le noir des raffineries : et c'est un titre à la reconnaissance du pays qu'ont acquis MM. Favre et Payen, qui en firent les premiers essais de 1819 à 1820. Avant cette époque, les raffineurs payaient pour porter les noirs à la décharge ; maintenant il le vendent au

prix de 12 à 14 fr. l'hectolitre. On en consomme en France annuellement 12 millions de kilogrammes environ, c'est-à-dire 126,315 hectolitres.

Pour concevoir la valeur de cet engrais, il faut se rappeler sa composition. Le noir animal employé dans les raffineries se compose de 15 à 20 de sang coagulé, et de 85 à 80 d'os calcinés et pulvérisés ; après avoir servi à la clarification et à la décoloration du sirop, il contient en outre un peu de sucre, qui, par sa décomposition, donne naissance à de l'alcool et aux acides lactique et acétique, et par cela devient nuisible à la végétation. On évite cet inconvénient, en laissant subir à ces matières en tas une première fermentation, qui a pour effet de faire volatiliser l'alcool, et de faire saturer les acides acétique et lactique par l'ammoniaque qui se dégage de la putréfaction du sang. C'est alors qu'on a dans le noir animal un engrais parfait, parce qu'il réunit les principes azotés du sang et les principes salins des os ; et, en effet, on a constaté par l'expérience que le noir animal produit sur la récolte quatre fois plus d'effet que la quantité de sang qu'il renferme.

Cependant il faut convenir qu'il y a dans l'action des noirs de raffinerie une différence qui correspond à la diversité de proportion des principes organiques et inorganiques. En voici un tableau, d'après les analyses de MM. Moride et Bobierre :

PROVENANCE et noms des noirs.	Azote sur 100 de l'engrais sec.	Charbon et matière organique, y compris l'azote sur 100 de l'engrais sec.	Sels solubles dans l'eau.	Phosphates de chaux.	Carbonates de chaux et de magnésie.	Silice, alumine et oxyde de fer.
Nantes	2.660	35.2	1.3	52.6	5.3	5.6
Marseille	1.853	17.1	1.8	63.2	11.8	6.1
Bordeaux	1.653	21.5	1.7	63.9	9.9	3.0
Valenciennes	0.750	9.7	3.3	70.0	11.5	5.5
Dunkerque	1.020	11.0	1.3	56.0	8.7	10.0
Lille	1.010	11.2	1.6	55.0	21.0	10.6
Paris	1.830	14.5	2.0	67.0	10.9	5.0
Orléans	1.750	11.7	3.3	63.0	8.9	13.1
Hambourg	1.780	20.5	1.7	55.8	5.4	16.6
Russie	1.085	11.7	1.5	68.7	10.1	7.0
Trieste	0.980	17.9	1.3	62.1	9.7	9.0
Venise	1.450	14.0	0.3	75.0	5.5	5.0

On en distingue trois qualités : le *noir gros grain*, le *noir grain* et le *noir fin* : c'est ce dernier qui est le plus estimé. Mais, quelle qu'en soit la qualité et la composition, toujours est-il que le noir

animal est un des engrais les plus précieux. Il n'y a pas de sol auquel il ne soit très-avantageux ; mais c'est sur les sols argileux froids et humides qu'il opère des merveilles. Toutes les cultures, les céréales, les turneps, le colza, etc., s'en trouvent très-bien. On en donne 4 à 5 hectolitres par hectare sur les terres argileuses, 3 à 4 sur les siliceuses ou calcaires.

ENGRAIS MIXTES, COMPOSTS, ENGRAIS CONCENTRÉS.

On dit *mixte* l'engrais dans la composition duquel entrent des substances végétales et animales, et même des substances minérales.

Fumier.—Parmi ces espèces d'engrais on compte le fumier, qui doit être regardé comme le plus important de tous, non pas par son degré de puissance fertilisante, mais par la quantité qu'on peut en produire partout, et par la facilité de sa production, surtout dans les lieux où il est impossible de se procurer d'autres engrais économiquement : c'est pour cela qu'on l'appelle *engrais type,* engrais par excellence.

Le nombre des circonstances qui modifient la confection des fumiers est si grand, qu'il est impossible de ne pas trouver des différences remarquables, non-seulement dans les fumiers des diverses fermes, mais aussi dans les divers tas de la même ferme, et dans les diverses couches du même tas. On appelle *fumier d'étable* celui qui provient des litières de bêtes à cornes, *fumier d'écurie* celui des litières de chevaux, mulets, ânes : on le dit *long, frais, pailleux,* lorsque, n'ayant pas encore subi un convenable degré de fermentation, la paille n'est pas décomposée ; *court, gras, beurre noir*, lorsque, par une décomposition bien avancée, il a été converti en une masse brune, pâteuse, uniforme : on a appelé *ordinaire* celui des auberges de rouliers qui, d'un bout de la France à l'autre, donnent la même nourriture à leurs chevaux ; MM. Boussingault et Payen ont nommé *normal* le fumier formé avec les déjections de tous les animaux de la ferme, et M. de Gasparin celui qui renferme environ 2 pour 100 d'azote.

On s'explique facilement les différences que présentent les fumiers, quand on considère la nature différente des excréments des divers animaux, la nature et la quantité des matières employées pour litières, la variété en qualité et en quantité dans l'alimentation des animaux, la méthode adoptée pour la confection du fumier, le degré de fermentation et de décomposition auquel il est parvenu ; c'est sur ces conditions qu'il faut s'arrêter,

afin de déterminer la méthode la plus convenable pour avoir en grande quantité du bon fumier.

La quantité d'eau qui entre dans les aliments ou qu'on donne en boisson modifie la quantité et la qualité des urines, et l'alimentation en vert rend les excréments très-aqueux ; mais son action se réduit à y augmenter la proportion de l'eau.

Les changements importants sont dus à la nature et à la quantité des aliments. Il suffit de rappeler la différence entre les excréments d'un cheval nourri exclusivement de fèveroles et ceux d'un autre nourri seulement de paille de céréales : les fèveroles donneront peu d'excréments, mais ceux-ci seront très-riches; la paille en donnera beaucoup, mais ils seront très-pauvres en azote.

On peut admettre, en principe, que le fumier est d'autant meilleur et plus abondant que le fourrage fourni au bétail est plus copieux et plus nourrissant.

Il y a des conditions particulières qui augmentent la consommation et la perte d'azote. Les animaux en croissance s'en emparent en plus grande proportion pour les besoins d'une assimilation plus énergique : la gestation et l'allaitement en consomment davantage pour l'embryon et les petits ; les animaux de trait en éprouvent une perte plus grande, parce qu'ils en expirent une plus grande quantité.

Tout fumier se compose de deux éléments : excréments et litières. Il est donc naturel que, les excréments étant les mêmes, la qualité du fumier doive varier selon la nature des substances employées pour litière. Il doit exister un rapport exact entre la litière et les déjections. Plus on donne de litière, plus on a de fumier ; mais si la litière excède une certaine proportion, celui-ci sera mauvais. C'est une proportion qu'on ne peut pas définir ; elle varie selon le degré d'humidité des excréments. Il en faut proportionnellement plus aux porcs et aux bêtes à cornes qu'aux chevaux et aux bêtes à laine; plus aux animaux nourris en vert qu'à ceux approvisionnés en fourrage sec. En général, on emploie de 2 à 3 kilogrammes de paille litière en vingt-quatre heures par cheval, de 3 à 5 par vache ou par bœuf.

La litière doit être absorbante, parce qu'elle doit s'imprégner d'urine et entrer en fermentation. Sous ce rapport, les tiges creuses l'emportent sur toutes les autres ; et c'est pour cela qu'on préfère presque partout la paille des céréales.

Il faut que les végétaux destinés à la litière possèdent des prin-

cipes azotés capables de fermenter. A cet égard, la paille des légumineuses l'emporte sur celle des céréales.

Les principes salins ne sont pas moins nécessaires que l'azote dans les fumiers; et on en trouve bien plus dans la paille des légumineuses que dans celles des céréales, dont les cendres sont composées pour la plus grande partie de silice.

On peut employer et on emploie pour litières d'autres plantes ou parties de plantes, telles que feuilles de bruyères sèches, de poirier, de genêt, de hêtre, de chêne, de buis, gazon de prairie, etc.

En Suisse, en Allemagne et en Angleterre, on a employé la terre pour litière. C'est une pratique qui a ses avantages, surtout dans les bergeries, quand on manque de litière végétale. En ce cas, on préfère l'espèce de terre qui peut servir comme amendement pour le sol auquel on destine le fumier. On en répand une couche à l'état très-sec, et on en ajoute une nouvelle dès que la précédente s'est imprégnée des déjections.

Confection du fumier.—Tous les auteurs s'évertuent à déclamer contre les pratiques généralement suivies; et cependant les cultivateurs, sauf quelques rares exceptions, ne continuent pas moins dans leurs pratiques : c'est que la plupart des écrivains ne cultivent pas, et que la plupart des cultivateurs ne lisent pas. Je ne signalerai pas ces mauvaises pratiques; je me bornerai à décrire la méthode la plus rationnelle pour confectionner le fumier.

Quand on veut du fumier de son troupeau, il faut le nourrir à l'étable : un bœuf à l'engrais produit 25 à 26,000 kilogr. de fumier par an; un bœuf de travail n'en donne que 7 à 8,000.

L'organisation de l'étable a une influence bien plus grande qu'on ne pense ordinairement sur la production du fumier. L'étable belge peut être regardée comme un modèle. La principale condition qu'elle réalise est que les animaux reposent sur un plan imperméable et légèrement incliné, sur lequel on dispose la litière. Ce plan est suivi d'une grande rigole également imperméable : c'est là qu'on place les litières qu'on retire de dessous les bêtes, et que se rendent les urines qui coulent sur le plan incliné. Lorsqu'il s'en est accumulé une trop grande quantité et qu'il a reçu un commencement de putréfaction, on le porte dans les fosses à fumier; il reste ainsi à l'étable, en été cinq à six jours, en hiver huit à dix.

Sorti de l'étable, le fumier, qu'on abandonne ordinairement à

toutes les intempéries atmosphériques, a besoin d'être minutieusement soigné; ce qui ne peut se faire que dans les fosses à fumier parfaitement construites. Voici quelle est la construction des fosses de M. Schattenmann à Bouxwiller, qu'on peut présenter comme modèle. Ce sont deux carrés, séparés par un passage, qui aboutit à un réservoir. Chaque carré a son plancher imperméable, assez incliné pour laisser couler facilement les eaux d'arrosage, qui se réunissent dans deux rigoles longeant les deux côtés plus inférieurs du carré, et vont se jeter dans le réservoir où aboutissent les rigoles. Le réservoir est muni d'un couvercle, traversé par une pompe en bois, à l'aide de laquelle on fait monter le purin à une hauteur supérieure au niveau des tas de fumier. Tout l'emplacement est couvert par un hangar. Voici les avantages de cette construction : 1° on garantit le fumier de toute eau étrangère; 2° on ne perd pas même une goutte de purin ; 3° on ne manque jamais de purin pour arroser le fumier; 4° le purin dans un réservoir fermé ne souffre que très-peu de l'évaporation ; 5° au moyen de la pompe, on peut le prendre et le répandre très-facilement.

La question la plus importante dans la confection du fumier est de déterminer le point de décomposition auquel il faut le conduire. Deux écueils sont à éviter : la production d'un fumier trop frais ou d'un fumier trop consommé. Dans le premier cas, la paille, encore bien organisée, ne peut suivre la décomposition rapide des matières animales, et son efficacité ne peut se faire sentir dans le même temps. Les pertes sont peut-être plus grandes, si l'on pousse la fermentation au delà du point convenable. MM. Boussingault et Gasparin ont trouvé que le fumier très-consommé avait perdu la moitié de ses sels solubles et les deux tiers de son azote primitif. Il faut que la putréfaction ne dépasse pas certaines limites, pour avoir ce qu'on appelle le fumier normal. Quand on voit que toutes les pailles se sont aplaties et ramollies, qu'elles ont pris une teinte brunâtre et un aspect gras, qu'elles se cassent très-facilement, le fumier a atteint le degré convenable de décomposition.

Le fumier apporté de l'étable doit être disposé sur l'emplacement le plus près du réservoir. On en fait des tas de la longueur de l'un des côtés du carré et de 2 ou 3 mètres de largeur, de façon qu'ils restent séparés par un espace de 50 à 60 centimètres; la hauteur doit être de $1^m,50$ à 2 mètres. Il est bon de les fouler aux pieds, surtout le fumier d'écurie, afin de ralentir la fermentation, de la rendre plus égale et plus uniforme, et d'éviter la moisissure

qui cause une grande détérioration dans la qualité des engrais. Les faces des tas doivent être aussi droites et perpendiculaires que possible. Le tas formé, on l'arrose d'abord avec de l'eau de puits ou celle d'une mare voisine, puis avec le purin. Il ne tarde pas à entrer en fermentation, et quelquefois (le fumier de cheval surtout) s'échauffe jusqu'à 45° et même 50°. C'est alors qu'il faut intervenir pour modérer la fermentation; on y parvient au moyen des arrosages, qu'il faut ménager de manière que la chaleur ne dépasse pas les limites de 25° à 30°. D'autres fois, et c'est ce qui arrive pour le fumier de vaches nourries en vert, la chaleur ne monte pas jusqu'à 25° : on suspend les arrosages, et on attend. Quelques semaines plus tard, le fumier a acquis les mêmes qualités.

Le procédé de fermentation n'a pas le même degré d'énergie dans tous les points du tas; les couches inférieures sont ordinairement en retard. Il faut alors retourner la masse, afin de rendre aussi uniforme que possible l'action de l'ammoniaque, qui transforme la paille et les matières organiques non azotées en produits riches en azote, tels que l'*acide fumique*, ainsi que l'ont montré les belles expériences de M. Paul Thénard.

Mais quels que soient les soins qu'on a mis à la confection du fumier, il y a toujours des pertes; ce sont les principes gazeux, l'acide carbonique et l'ammoniaque qui s'échappent par évaporation, et ces principes sont très-importants. On a réussi à éviter ces pertes en ajoutant au purin du réservoir du sulfate de fer ou de l'acide sulfurique, d'après une ancienne pratique suivie en Suisse et qui a été adoptée par M. Schattenmann : le carbonate ammonique qui est volatil est décomposé et transformé en sulfate qui est fixe. On doit verser dans le purin peu à peu l'acide sulfurique, jusqu'à ce qu'il rougisse légèrement le papier de tournesol, et qu'il ne fasse pas effervescence au contact des cendres ordinaires. Si l'on préfère le sulfate de fer, il faut essayer l'intérieur du tas avec du papier de tournesol rougi par un acide, et jeter dans le réservoir quelques kilogr. de sulfate toutes les fois que le papier est ramené au bleu. Dans le même but, on a employé le plâtre : il faut alors en saupoudrer le tas. Mais cet agent est moins efficace et moins sûr.

Par cette méthode, on peut avoir en deux ou trois mois un fumier parfait et au degré convenable de décomposition.

Voici la composition du fumier normal à l'état sec et humide, d'après M. Boussingault.

Deuxième recette.

Mélange de paille de colza, de foin, de joncs et de cossettes de colza	500.000
Vesce trempée pendant quatre jours dans l'eau, en remplacement de la matière fécale	20.000
Chaux vive	30.000
Matières fécales	17.500
Salpêtre	0.625
Suie de cheminée	25.000
Terre de route remplaçant le plâtre	200.000
Sel marin	0.500

On délaye ces matières dans un bassin, avec assez d'eau pour faire 10 hectolitres de lessive, qui suffit pour réduire en engrais 500 kilogr. de paille, ou 1,000 de matières végétales ligneuses, qui produisent environ 2,000 de fumier. Il faut cinq ou six semaines pour avoir le fumier en état de décomposition suffisante pour être enfoui. C'est un fumier plus cher et moins riche que le fumier d'étable.

Engrais concentrés.— « Quant aux engrais dits concentrés, préconisés dans ces derniers temps sous le nom de poudres ou liqueurs fécondantes, dont quelques kilogrammes ou quelques litres suffisent pour féconder un hectare, aucun n'a encore jusqu'à ce jour pu subir l'épreuve de la culture; tous les cultivateurs qui en ont usé sont à peu près unanimes pour en constater l'inefficacité et quelquefois les effets nuisibles.

« La base de tous ces engrais est la même : elle consiste dans des composés d'azotate de potasse (salpêtre), de sulfate d'ammoniaque, de sel marin, de phosphates, etc.; quelquefois on y ajoute des extraits d'urines, de matières fécales, de crottins, de fiente de volaille, de matières animales, etc. La plupart de ces engrais, à faible dose, s'appliquent soit par le trempage des grains dans des eaux qui les tiennent en dissolution, soit par le *saupoudrage* ou le jet de l'engrais en poudre sur le grain humecté, soit par le *pralinage*. Ce dernier procédé consiste à arroser le grain avec une légère dissolution d'une colle quelconque, ordinairement de colle-forte, puis à le rouler dans les poudres dites fécondantes. La plupart des agronomes expérimentés ne se sont pas montrés partisans de ces préparations, qui se sont peu répandues dans la pratique. La jeune plante, en effet, reçoit sa nourriture de la substance de la semence elle-même, et quant à la végétation ultérieure, les matières du pralinage sont en trop petite quantité pour

lui apporter des matériaux. Cependant il est des circonstances particulières où les préparations de la semence et son union à l'engrais paraissent n'être pas sans influence. Il est certain qu'un engrais énergique, donné à la plante au début de la végétation, augmente sa force, et développe les feuilles par lesquelles elle puise dans l'air une partie de sa nourriture. Nous avons vu que le noir animal, uni à petite dose et semé avec le grain, agissait favorablement. Le chaulage des grains a également des effets incontestables. Il ne faut pas rejeter l'expérience, tout en se tenant en garde contre le charlatanisme. » (LEFOUR.)

IV. VALEUR DES ENGRAIS.

L'engrais, quant à sa valeur, doit être examiné sous le rapport agricole et commercial, c'est-à-dire au point de vue de sa puissance de fertilisation et de son prix de revient.

Il est très-difficile de mesurer le degré de puissance dans un engrais, soit pratiquement par des expériences agricoles, soit théoriquement d'après sa composition chimique,

La méthode pratique n'a rien d'exact, parce qu'il est impossible de calculer la part que la nature du sol et les agents atmosphériques ont eue dans la production des résultats.

La méthode théorique s'appuie sur les données de la composition chimique : c'est une mesure rationnelle qui conduit très-souvent à des résultats assez exacts; mais elle n'est ni facile ni économique. On sait que les principes nutritifs des végetaux se réduisent à des corps azotés et à des substances salines, parmi lesquelles figurent au premier rang les phosphates : il suffit donc de connaître la proportion de ces principes dans l'engrais pour en déterminer la valeur. Mais il faudrait une analyse minutieuse et complète, qui n'est pas à la portée d'un agriculteur, quelque instruit qu'on le suppose. Aussi lorsqu'on ne peut obtenir le dosage des phosphates, etc., se contente-t-on de calculer la valeur de l'engrais d'après sa richesse en azote ; c'est ce qu'ont fait MM. Boussingault et Payen, qui ont établi en principe, que les engrais ont d'autant plus de valeur que la proportion de la substance organique azotée est plus forte.

La valeur des engrais n'est pas absolue. Nous avons dit dans le courant de cet article, qu'il y en a peu dont l'action soit également favorable à tous les sols et à toutes les cultures : dans tous les cas ils profitent aux récoltes; mais chaque engrais réussit

mieux dans certains sols que dans d'autres, et produit des effets plus remarquables sur certaines plantes que sur d'autres. C'est donc une valeur absolue, quant à l'utilité en général ; relative, quant au degré de sa puissance.

La valeur commerciale d'un engrais est son prix de revient. Il se compose de plusieurs éléments, qui varient d'un pays à l'autre, d'une année à l'autre ; en premier, c'est le prix d'achat, auquel il faut ajouter les frais de transport.

En outre, il faut mettre en compte la facilité de dispersion des principes nutritifs : les sels ammoniacaux, par exemple, peuvent se décomposer en proportion supérieure au pouvoir absorbant des plantes : en ce cas, une partie en serait perdue par évaporation. Enfin il y a des engrais qui ne durent qu'un an, d'autres qui prolongent leur action pendant plusieurs années.

Nous terminerons cet article par le tableau suivant emprunté à M. de Gasparin, et dans lequel la valeur de la plupart des engrais est établie d'après la proportion de l'azote qu'ils renferment.

DÉSIGNATION DES SUBSTANCES.	Eau dans la substance analysée.	Azote dans 100 parties de matières sèches.	Azote dans 100 parties de matières non desséchées.	Équivalent de la matière sèche.	Équivalent de la matière non desséchée.
Engrais normal des fermes..........	80.000	2.000	0.400	100.00	100.00
1. Urine	96.889	23.108	0.715	8.05	43.13
2. Chiffons de laine................	11.28	20.26	17.378	9.8	2.22
3. Urine desséchée à l'étuve........	9.57	17.556	16.853	8.8	2.50
4. Plumes...........................	12.90	17.61	15.34	11.4	2.60
5. Sang coagulé et pressé..........	73.45	17.0	4.514	11.7	8.86
6. Sang sec insoluble..............	12.50	17.0	14.878	11.7	2.69
7. Râpure de cornes................	9.0	15.78	14.86	12.7	2.78
8. Guano (première importat. d'Ang.)	11.28	15.732	13.95	12.7	3.07
9. Sang sec soluble................	21.43	15.503	12.180	12.8	3.28
10. Sang liquide....................	81.1	15.503	2.948	12.8	13.3
11. Bourre de poils de vache........	8.9	15.02	13.78	13.2	2.9
12. Chair musculaire................	8.5	14.25	13.04	14.3	3.6
13. Hannetons......................	77.0	13.931	3.204	14.3	12.7
14. Pain de creton..................	8.18	12.934	11.875	13.6	3.36
15. Urine de cheval.................	79.1	12.5	2.61	16.0	13.35
16. Harengs frais....................	76.62	11.707	2.738	17.1	14.6
17. Guano d'Afrique (du Havre)......	16.0	11.45	8.403	17.4	4.7
18. Morue salée.....................	38.0	10.862	6.700	18.4	5.97
19. Guano d'Afrique (de Marseille)...	9.1	10.72	9.74	18.6	4.1
20. Colombine.......................	9.6	9.02	8.30	22.1	4.8
21. Chrysalides de vers à soie.......	78.5	8.987	1.942	22.2	20.61
22. Tourteaux d'arachides...........	6.6	8.89	8.23	22.47	4.8
23. Suc de pomme de terre..........	95.4	8.28	0.376	24.2	106.38
24. Eaux des féculeries..............	99.15	8.28	0.070	24.2	571.42

DÉSIGNATION DES SUBSTANCES.	Eau dans la substance analysée.	Azote dans 100 parties de matière sèche.	Azote dans 100 parties de matière non desséchée.	Équivalent de la matière sèche.	Équivalent de la matière non desséchée.
25. Noir anglais....................	13.13	8.022	6.956	24.9	5.75
26. Os fendus........................	7.49	7.58	7.016	26.4	5·7
27. Tourteaux de sésame............	9.97	7.47	6.79	26.8	5.89
28. Guano d'Angleterre.............	13.56	6.201	4.988	32.2	
29. Feuil es de mûrier blanc, jeunes feuilles 15 juillet)................	»	6.066	»	32.9	8.0 »
30. Tourteaux de lin................	8.6	6.0	5.20	33.3	7.7
31. — de cameline..........	6.5	5.93	5.515	33.7	7.25
32. — de madia..............	11.2	5.70	5.06	35.1	7.9
33. — de pavot.............	6.0	5.70	5.36	35.1	7.46
34. — de noix...............	6.0	5.59	5.24	35.7	7.68
35. — de colza..............	10.5	5.50	4.92	36.4	8.13
36. Feuilles de mûrier (15 juillet). Ensemble des feuille d'un rameau...	»	4.938	»	40.5	»
37. Touraillons	6.0	4.90	0.51	40.8	8.8
38. Tourteaux de chènevis...........	5.0	4.78	4.21	41.9	9.5
39. — de coton.............	11.2	4.524	5.02	44.2	9.99
40. Fanes de betteraves.............	88.9	4.50	0.50	44.4	80.0
41. Graines de sapin.	10.5	4.35	3.49	45.9	11.4
42. Feuilles de mûrier (23 août)......	»	3.930	»	50.9	»
43. Excréments mixtes de chèvres...	46.0	3.93	2.10	50.9	18.5
44. Tourteaux d'épuration...........	10.0	3.92	3.54	51.0	11.3
45. Urine de vache.................	88.3	3.80	0.44	52.6	90.9
46. Litière de vers à soie...........	11.39	3.709	3.290	53.9	12.19
47. Marc de raisin..................	48.2	3.56	1.83	56.2	21.85
48. Tourteaux de faînes.	6.2	3.53	3.31	56.6	12.08
49. Litières de vers à soie...........	14.29	3.483	3.285	57 4	12.17
50. Excréments de porc............	81.4	3.37	0.63	59.3	63.4
51. Marc de raisin	48.2	3.31	1.71	60.4	23.30
52. Excréments mixtes de cheval....	75.4	3.02	0.74	66.2	54.0
53. — -- de mouton....	63.0	2.99	1.11	69.9	36.0
54. Noi animalisé récent.	42.0	2.958	1.242	67.6	32.2
55. Fanes de carottes...............	70.9	2.94	0.85	68.0	47.0
56. Buis (rameaux et feuilles)........	59.26	2.89	1.17	68.5	34.18
57. Résidus de la fabrication du bleu	53.4	2.803	1.30	71.3	30.62
58. Poudrette de Montfaucon	41.4	2.67	1.56	74.8	25.6
59. Excréments mixtes de vache.....	84.3	2.59	0.41	77.2	97.5
60. Engrai hollandai	44.12	2.478	1.36	80.7	29.4
61. Fanes de pomme de terre.......	76.0	2.30	0.55	89.6	72.72
62. Excréments de vache	85.9	2.30	0.32	86.4	125.0
63. Fucu sac harınu (goëmon).....	40.0	2.20	1.38	87.3	28.9
64. Marc de houblon	75.5	2.228	0.60	89.8	66.65
65. Excréments de cheval...........	75.3	2.21	0.55	90.5	72.7
66. Fumier des auberges du Midi....	60.58	2.083	0.79	96.0	50.6
67. Noir animal des raffin. de Paris..	47.7	2.04	1.06	98.0	37.7
68. Engrai normal (fumier de ferme)	80.0	2.0	0.40	100.0	100.0
69. Paille de pois..................	8.5	1.95	1.79	102.5	22.30
70. Pulpe de pomme de terre........	73.0	1.95	0.40	102.6	100.00
71. Feuilles de hêtre................	39.3	1.906	1.177	104.3	33.98
72. — de bruyères............	7.0	1.90	1.74	105.2	27.91
73. Noir des raffineries..............	27.65	1.901	1.375	105.2	27.91
74. Sapin blanc (tiges et fleurs)......	8.8	1.87	1.65	106.7	24.2
75. Dépôts des eaux de féculeries..	80.0	1.81	0.36	110.0	111.1

DÉSIGNATION DES SUBSTANCES.	Eau dans la substance analysée.	Azote dans 100 parties de matière sèche.	Azote dans 100 parties de matières non desséchées.	Équivalent de la matière sèche.	Équivalent de la matière non desséchée.
76. Racines de trèfle................	9.7	1.77	1.61	113.0	24.8
77. Tranches de betteraves épuisées..	94.5	1.758	0.009	113.7	413.8
78. Suie de houille..................	15.6	1.59	1.35	125.7	29.62
79. Fucus digitatus (goëmon)........	40.0	1.58	0.98	126.6	42.1
80. Ecume des défécations...........	67.0	1.579	0.535	126.6	74.65
81. Fumier de couche épuisée.......	31.34	1.577	1.08	127.0	36.0
82. Feuilles de chêne d'automne.....	24.99	1.565	1.175	127.8	34.0
83. Feuilles d'acacia d'automne.	53.6	1.557	0.721	128.5	55.4
84. Eaux de fumier..................	99.6	1.54	0.059	129.8	678.0
85. Madia en fleur...................	70.55	1.534	0.45	130.4	88.8
86. Feuilles de poirier d'automne....	14.5	1.53	1.36	130.7	29.4
87. Paille de blé, partie supérieure...	9.4	1.42	1.33	140.8	30.0
88. Fucus digitatus (goëmon).........	39.2	1.41	0.86	141.9	46.5
89. Noir animal fin, neuf.............	»	1.40	»	142.9	»
90. Genêt (tiges feuillées)...........	10.4	1.37	1.22	145.9	32.78
91. Sciure de bois..................	5.6	1.31	1.15	152.7	34.78
92. Pulpe de betteraves.	70.0	1.26	0.378	158.6	105.8
93. Feuilles de peuplier d'automne...	51.1	1.166	0.538	171.5	74.3
94. Paille de lentilles................	9.2	1.12	1.01	178.5	39.6
95. Roseaux coupés en fleur (ar. phrag.)	20.0	1.068	0.75	188.0	53.3
96. Paille de millet..................	19.0	0.96	0.78	208.3	51.28
97. Paille de froment................	7.6	0.94	0.85	212.8	47.0
98. Résidus de colle d'os............	42.0	0.912	0.528	218.0	75.75
99. Marc d'olives....................	»	0.769	»	260.1	»
100. Sciure de bois de chêne.........	26.0	0.72	0.54	277.7	74.0
101. Cendres de Picardie.............	9.2	0.71	0.65	281.7	61.5
102. Fanes de madia..................	14.3	0.66	0.57	303.0	70.1
103. Marc de pommes à cidres.........	6.4	0.63	0.59	317.5	67.79
104. Tourteaux d'épuration d'huile....	7.67	0.58	0.54	345.0	116.0
105. Paille de sarrasin................	11.6	0.54	0.48	370.4	83.33
106. — de froment des env. de Paris	5.3	0.53	0.49	377.0	81.6
107. — de blé, partie inférieure. ..	5.3	0.43	0.41	465.1	97.5
108. Tiges sèches de topinambour....	12.9	0.43	0.37	465.1	108.1
109. Merl...........................	1.083	0.42	0.40	476.0	100.0
110. Coquilles d'huîtres.	17.9	0.40	0.32	500.0	125.0
111. Goëmon brûlé..................	3.8	0.40	0.38	500.0	105.26
112. Sciure de bois d'acacia..........	25.0	0.38	0.29	526.3	137.9
113. Paille d'avoine..................	21.0	0.36	0.28	555.5	142.85
114. — de bois de sapin...........	24.0	0.31	0.23	665.1	175.9
115. — de froment de Buhelbronn.	19.3	0.30	0.24	666.6	166.6
116. — d'orge....................	11.0	0.26	0.23	769.0	175.9
117. — de seigle..................	12.2	0.20	0.17	1000.0	235.2
118. Trez de Roscoff.................	0.5	0.14	0.13	1428.0	307.09
119. Coquillages de mer séchés.......	»	0.052	0.052	3840.0	769.23

CICCONE.

ESSENCES

CHAPITRE I[er]. — ESSENCE DE TÉRÉBENTHINE ET TÉRÉBENTHINE.

I. — TÉRÉBENTHINE.

On appelle *maintenant* térébenthine tout produit végétal cou-ant ou liquide composé d'une essence et d'une résine, et parti-ulièrement ceux provenant des conifères, du mélèze, du sapin, le l'*abies balsamea*, du faux sapin, de l'*abies excelsa*, du *pinus pa-ustris*, enfin du *pinus maritima;* c'est cette dernière espèce qui lonne la térébenthine ordinaire, dite *térébenthine de Bordeaux*. lont nous nous occuperons spécialement.

Térébenthine de Bordeaux. — C'est des environs de Bordeaux, ntre cette ville et Bayonne, que se tire la térébenthine dite de lordeaux; la Sologne en fournit également.

La récolte de la térébenthine ou le *gemmage* se pratiquent à eu près de la même manière dans les diverses localités; voici, 'après M. Armand Demande, comment on opère en Sologne. Du 0 janvier au 10 février, on enlève l'écorce des arbres (qui n'ont as moins de 25 ans), du côté du sud ou de l'est, sur à peu près e quart de la circonférence, de manière, cependant, à ne pas ttaquer le vif, et à une hauteur d'environ 70 centimètres du sol; u 25 mars au 1[er] mai, on procède à l'incision avec une petite ache, dont le tranchant a la forme d'une gouge; on enlève, au as de terre, à la partie récemment écorcée un copeau de 11 cen-imètres de long sur 10 à 12 millimètres d'épaisseur, de sorte que e vif du tronc se trouve attaqué. La sécrétion ne tarde pas à pparaître, elle coule le long du tronc; on la reçoit dans une avité pratiquée en terre ou creusée dans une racine saillante.

L'opération de l'incision se renouvelle tous les dix jours, et dure jusqu'au 5 octobre. Un résinier suffit pour le gemmage de 5,000 pins; si l'opération est bien conduite, elle peut être annuelle-ment renouvelée pendant soixante ou quatre-vingts ans. L'éva-luation comparative du rendement indique le moment où l'arbre doit être abattu. Un pin de 20 mètres d'élévation donne, quand

on l'abat, 4 mètres pour l'extraction du goudron (45 stères de bois rendent 2,250 kil. de goudron), 12 à 13 mètres pour des planches et bois de charpente, et l'excédant pour du charbon (environ 220 à 240 hectolitres sont fournis par 45 stères de bois).

Les pins qui n'ont pas poussé régulièrement ou qu'on veut sacrifier pour une cause ou pour une autre sont gemmés *à mort*; c'est-à-dire que les saignées ne sont pas ménagées; on se propose seulement alors de laisser vivre l'arbre quatre ou cinq ans.

Le produit que donne le gemmage est récolté tous les mois; on l'appelle la *gemme*. Une portion qui reste exposée à l'air et au soleil sous une trop mince épaisseur et se solidifie est arrachée par une gratte en fer et mise à part, c'est le *galipot* ou *barras*.

Sept hectares de pins donnent 14 barriques de gemme molle, pesant chaque 260 kilogrammes, et 6 barriques de galipot du même poids.

La gemme molle doit être purifiée avant d'être livrée au commerce; pour cela, elle est fondue et passée à travers un lit de paille; lorsque cette opération se fait par la chaleur du soleil, le produit porte le nom de *térébenthine au soleil*, mais le plus souvent la gemme est fondue au feu dans une grande chaudière.

La gemme filtrée ou térébenthine se présente avec une consistance grenue; peu à peu elle se sépare en un produit comme cristallin, qui se dépose et que surnage un liquide consistant et transparent. Elle est entièrement soluble dans l'alcool; exposée à l'air elle se sèche complétement; 1/32 de magnésie caustique la modifie.

Elle contient le quart environ de son poids d'essence, qu'on en extrait par la distillation; le résidu de cette opération s'appelle *brai sec, arcanson* ou *colophane*. Ce résidu, qui peut provenir de la térébenthine ou du galipot, porte le nom de l'un ou de l'autre pour rappeler son origine.

Si, au lieu de soutirer la colophane de l'alambic pour la laisser refroidir, on la brasse fortement avec de l'eau, on lui fait perdre sa transparence; elle porte alors le nom de résine jaune ou poix-résine.

Tels sont les produits fournis par l'incision du tronc: la gemme et le galipot, qui se dédoublent en essence et en colophane, cette dernière pouvant être combinée avec l'eau et donnant alors la résine jaune.

Ce ne sont pas les sèuls produits du pin.

On appelle poix noire la substance résineuse que l'on extrait en

lant les filtres qui ont servi à purifier la gemme et les éclats bois provenant des incisions. Cette combustion, dit M. Guirt, s'accomplit dans un fourneau sans courant d'air, de 2 res à 2 mètres 30 centimètres de circonférence, et de 2 mètres entimètres à 3 mètres 30 centimètres de hauteur. Ce fourneau entièrement rempli des matières à brûler; on y met le feu le haut, la chaleur dégage la résine de la paille, la fait exsudu bois, et celle-ci se réunit vers le bas du fourneau, où elle contre un tuyau qui la conduit dans une cuve à demi pleine u; là elle se sépare en deux parties : l'une liquide, qu'on ıme huile de poix (*pisselœon*), l'autre, plus solide, qu'on ose dans une chaudière de fonte jusqu'à ce qu'elle devienne ante par le refroidissement : c'est la poix noire. Ce produit, ı beau noir lisse, cassant froid, se ramollit facilement par la leur des mains, auxquelles il adhère fortement.

nfin le goudron est extrait, par un procédé analogue, des éclats bois, des résidus de tronc qu'on a laissé sécher; le produit neux qui s'écoule se divise aussi dans l'eau en deux parties : e liquide, que l'on vend sous le nom d'*huile de cade* (laquelle à proprement parler, le produit de l'oxcèdre, sorte de genéer), et le goudron. — On connaît les usages de ce dernier : eut, ainsi que les divers produits de la térébenthine, servir à réparation du noir de fumée; on l'emploie en nature, princiement pour les besoins de la marine.

a *térébenthine de mélèze* nous vient principalement de Suisse; porte souvent le titre de *térébenthine de Strasbourg*. Elle exsude mélèze, comme celle de Bordeaux ou poix maritime, à cette érence qu'il ne suffit pas de faire une fissure à l'écorce, ni me d'entailler à la hache pour en déterminer l'émission; il t pratiquer au tronc de l'arbre des trous au moyen d'une ière et y adapter des rigoles en bois qui conduisent le produit ineux dans une auge. Lorsque la térébenthine cesse de couler, ferme les trous pour les ouvrir de nouveau au bout de quinze rs.

a résine de mélèze donne 15 pour 100 d'une essence incolore, is qui n'est pas estimée pour la peinture.

érébenthine du sapin.—On appelle *térébenthine citron* le produit exsude du vrai sapin. Deux fois par an, au printemps et à l'aume, les bergers des Vosges et des Alpes font cette récolte; ils ent l'écorce avec un cornet de fer-blanc, et crèvent ainsi les cules qui se forment à la surface de l'écorce; le suc résineux

est réuni dans une bouteille que le berger porte suspendue à son côté, et, chaque soir, la récolte de la journée (au plus 125 gr.) est versée dans un entonnoir fait d'écorce. Cette résine rare se reconnait à la suavité de son odeur qui rappelle le citron.

La *térébenthine du faux sapin* est le produit connu sous le nom de *poix de Bourgogne, poix jaune, poix blanche;* elle est obtenue par des incisions faites au tronc de la *pesse*, faux sapin (*abies excelsa*). Cette résine coule le long du tronc. On la ramasse avec une racloire. On la fond avec de l'eau dans une chaudière. On obtient ainsi une poix très-tenace et qui adhère fortement à la peau.

On imite ce produit en fondant et brassant avec de l'eau le galipot du pin maritime et la térébenthine de Bordeaux.

Le *baume du Canada* est aussi une térébenthine. On le recueille au Canada de l'*abies balsamea.*

II.—ESSENCE DE TÉRÉBENTHINE.

La pâte de térébenthine (celle du pin maritime) donne à la distillation un liquide fluide de la nature des huiles volatiles qu'on appelle essence de térébenthine, ou improprement huile de térébenthine. Cette distillation se fait dans les appareils les plus simples. Il serait bon qu'elle fût effectuée au bain de sable, mieux encore sous l'influence de la vapeur d'eau surchauffée selon la méthode indiquée par Gay-Lussac. C'est de toutes les essences celle qui se vend le meilleur marché; aussi sert-elle à falsifier toutes les autres.

L'essence du commerce est toujours altérée; on la purifie en la distillant avec de l'eau; puis on la sèche par l'action du chlorure de calcium. L'huile pure est incolore, très-fluide; une goutte versée sur une feuille de papier s'évapore sans laisser de résidu (il est important d'employer, pour cette épreuve, du papier sans colle, autrement la résine qui forme l'encollage du papier, se dissolvant dans l'essence, formerait un cerne qui ferait croire à la présence d'une impureté). L'essence pure et récente a pour densité 0,86; elle bout à 156°. Elle est sans action sur le tournesol humide; aussi l'emploie-t-on depuis bien longtemps pour dégraisser les étoffes; elle sert aussi à la confection des vernis. Elle dissout la plupart des résines, même, dit-on, celle de copal dur, si elle a été réduite en poudre impalpable, et soumise, pendant longtemps, au contact de l'air chaud dans une étuve. Elle est miscible à la dissolution du copal dans l'huile, et consti-

ɜ ainsi le vernis copal. Elle dissout l'huile de lin rendue sicca-
'e par l'action des oxydes de plomb ou de manganèse et aussi
la cendre, et sert au vernissage du cuir et de la toile cirée.
action de l'air chaud l'évapore et laisse le vernis gras à la sur-
ɔe de la peau sur laquelle il a été appliqué. Ce vernis ainsi privé
ssence présente une particularité intéressante : la chaleur ne
ffit pas à le rendre absolument sec au point de n'être plus
lant et de ne plus se ternir. La *lumière* est nécessaire à la mo-
fication d'un principe que paraît engendrer l'essence, et qui
ppose à la dessiccation absolue.

L'essence de térébenthine dissout aussi l'huile de lin et l'huile
æillette crues, et chacun sait que les peintres en font pour ce mo-
une consommation énorme. Elle sert à délayer et à coucher le
lange d'huile avec la céruse ou le blanc de zinc, qui après son
.poration constitue la couche de peinture. Elle présente dans
emploi une singularité inexplicable. Il est certain qu'elle est,
ıs certains cas, la cause d'inconvénients graves pour la santé
ceux qui la manient, et que, dans d'autres cas, elle paraît
ffensive. M. Leclaire, peintre, qui s'est beaucoup occupé de ce
et, pense que l'essence est plus nuisible dans la peinture au
mb que dans la peinture au zinc, et il est fort possible qu'il en
t ainsi.

l est constant que l'essence de térébenthine est modifiée par
.r, et qu'elle l'est surtout par l'air en présence de l'eau.
Schœnbein a vu qu'en même temps que l'essence de térében-
ne, au contact de l'air et de l'eau, s'oxyde et devient résine, il se
me de l'eau oxygénée dont on peut constater la présence par le
ctif que nous avons fait connaître, l'éther et l'acide chromi-
.e. (L'eau oxygénée donne naissance à de l'acide surchromique
i teint l'éther en bleu.)

M. Leclaire a constaté que si l'on expose à l'air dans une boîte
bois peint à l'huile et à l'essence un vase contenant de l'eau,
is, qu'après un temps de contact suffisant, on laisse l'eau s'éva-
rer, on recueille des cristaux qui présentent l'apparence du
trate d'urée, et qui paraissent être identiques avec les cristaux
hydrate d'essence de térébenthine, que M. Deville prépare si fa-
lement en abandonnant à lui-même un mélange de 8 d'essence,
d'alcool à 80 pour 100 et 2 d'acide azotique à 1,25 ou 1,30.

On comprend, en présence de cette action si complexe de l'air
de l'eau sur l'essence de térébenthine, que les choses puissent
passer différemment pour les différents individus, suivant leur

idiosyncrasie, et que les résultats puissent différer suivant qu'on emploie la céruse ou le blanc de zinc, qui n'agissent pas de la même manière dans les phénomènes d'oxydation.

Ce qu'il y a de certain, c'est qu'il est prudent, en tout cas, de n'habiter une chambre fraîchement peinte qu'alors que l'odeur a disparu; que si on doit l'habiter prématurément, il faut y entretenir un courant d'air constant; enfin, que si l'on peut employer le zinc, il faut dans le doute le préférer au plomb, parce qu'en définitive on sait qu'il est inoffensif pour les ouvriers qui le préparent, le débitent, le manipulent et l'emploient, tandis que la céruse est en soi vénéneuse.

L'essence de térébenthine est soluble dans l'alcool presque anhydre (l'alcool à 85° ne dissout guère que le dixième de son poids d'essence). Les deux liquides constituent alors un mélange portant le nom singulier de *gaz liquide*. Il est employé pour l'éclairage.

L'essence de térébenthine seule brûle incomplétement et donne d'épaisses fumées; l'alcool seul donne une flamme à peine éclairante; le mélange donne une belle flamme nullement fuligineuse et un éclairage magnifique.

Dans ce liquide combustible, l'alcool est exempt du droit qui frappe les boissons, et paye seulement un droit de dénaturation. Ce qui limite l'emploi de ce liquide éclairant, c'est donc moins son prix que les dangers qu'il présente, par suite de sa facile inflammabilité.

Telles sont les principales applications de l'essence de térébenthine. Il serait impossible d'énumérer les autres usages auxquels elle s'adresse. On l'emploie pour percer le verre; elle exerce dans ce cas une action purement mécanique. La thérapeutique et la médecine vétérinaire en font de nombreuses applications. La consommation s'élève à des chiffres énormes; elle a de nombreux succédanés, le naphte, le pétrole, le pétroléum, la benzine, et dans certains cas l'éther, le sulfure de carbone, l'huile lourde de schiste, etc.

BARRESWIL.

CHAPITRE II.—ESSENCES PYROGÉNÉES, GOUDRONS.

Les essences dites pyrogénées se recontrent quelquefois à l'état
urel, comme l'huile de Rangoon (huile de terre), mais le plus
vent elles sont produites par la distillation des bitumes, des
illes, des schistes, etc. Nous ne nous occuperons ici que de
les qui alimentent des fabrications importantes.

I.—ESSENCES DE HOUILLE.

a houille, distillée au point de vue de la fabrication du gaz
u coke, donne comme produit secondaire un goudron qui
plus ou moins abondant, plus ou moins liquide, suivant que
distillation a été faite plus ou moins vivement. Ce goudron
sède une odeur de gaz et d'ammoniaque ; sa couleur est noire.
t état, il est employé dans beaucoup de travaux ; ainsi il sert
réserver les bois, les métaux, les cordages, etc., de l'humidité,
depuis longtemps il est employé avec beaucoup d'avantage
r l'assainissement et pour éloigner des végétaux, par son
ur, les insectes nuisibles à leur développement.

On l'emploie aussi pour obtenir, par sa distillation, des essen-
et des brais. Les goudrons sont alors conduits des usines à
aux usines de distillation dans des tonneaux en fer, contenant
viron 1000 litres, munis à la partie supérieure d'un trou
omme destiné à l'introduction du goudron, et à la partie
rieure d'un gros robinet de vidange. A son arrivée à l'usine
goudron est emmagasiné dans des réservoirs généralement
cés en terre, à proximité des chaudières de distillation ; une
pe distribue le goudron dans les appareils distillatoires, qui
vent contenir 2000 kilogrammes. Ceux-ci se composent d'une
udière en forte tôle, des dimensions suivantes : 2 mètres de
gueur, 1 mètre de largeur et 1 mètre 20 centimètres de hau-
r, chauffée inférieurement et latéralement, au moyen de car-
ux montants jusqu'au niveau le plus bas du liquide. La partie
rieure, qui est légèrement cintrée, repose sur une voûte en
ques, destinée à protéger du coup de feu la tôle, qui, sans cette
caution, serait bien vite brûlée, surtout quand les matières,
la fin de l'opération, commencent à épaissir.

e dessus ordinairement disposé en dôme est muni d'un trou

d'homme qui permet d'opérer le nettoyage et les réparations, d'un robinet d'introduction des goudrons et d'un tuyau appelé col de cygne, de 30 à 35 centimètres de diamètre, pour conduire les vapeurs dans un serpentin entouré d'eau froide.

La conduite de l'opération se fait sans difficulté.

On chauffe d'abord légèrement pour évaporer les eaux ammoniacales qui se trouvent toujours en certaine quantité dans le goudron, et ensuite on augmente graduellement le feu jusqu'à la fin de l'opération.

La densité des vapeurs, produites dans la distillation, varie à chaque instant.

Les premières huiles essentielles que l'on recueille mélangées avec de l'eau sont très-légères. Peu à peu cette légèreté spécifique diminue et les dernières huiles obtenues sont plus denses que l'eau, si l'on a chassé par la chaleur 25 pour 100 du goudron employé.

A la sortie des serpentins, les produits condensés sont reçus dans des seaux et portés suivant leur densité dans des bassins destinés à les recevoir. La distillation terminée, on vide la chaudière à l'aide d'un tuyau placé à la face opposée au foyer.

Les produits de la distillation se distinguent par leurs densités, en essences et en huiles lourdes ; et les brais, en brais liquides et en brais secs.

Brai liquide et brai gras.—Pour obtenir le brai liquide, en supposant la chaudière chargée de 2000 kilogrammes de goudron, on retire seulement par la distillation l'eau et environ 120 kilogrammes d'essence marquant 14° à l'aréomètre. Le produit restant dans la chaudière est le brai, qui trouve un très-grand débouché dans la fabrication du noir de fumée, et surtout dans la fabrication des charbons agglomérés, du charbon de Paris, et dans d'autres industries. Les essences à 14° sont rectifiées de nouveau, puis transformées en un produit d'un très-grand emploi que le commerce désigne sous le nom impropre de benzine. On obtient cette essence de différentes manières; la plus simple consiste à traiter les essences de houille par l'acide sulfurique concentré, à les désacidifier par la soude caustique, et ensuite à les rectifier. Mais de quelque procédé qu'on l'obtienne, elle est très-impure, d'une couleur blanche jaunissant un peu à l'air; son odeur est aromatique, sa densité égale 39° Baumé.

La benzine, outre son emploi pour le dégraissage, sert à pro-

duire une essence appelée mirbane ou nitro-benzine, employée dans la parfumerie pour donner une odeur rappelant celle des amandes amères, et principalement pour la fabrication des couleurs d'aniline dont l'usage est si grand dans la teinture.

Pour obtenir le brai gras, on pousse la distillation plus loin : ainsi sur 2000 kilogrammes on retire également l'eau et 120 kilogrammes d'essence à 14°; ensuite 60 kilogrammes d'essence plus lourde, 450 kilogrammes d'huile lourde, et comme résidu dans la chaudière, le brai gras. Ce dernier produit est employé ordinairement dans l'usine même à la fabrication des mastics destinés à faire les asphaltes artificiels. Pour obtenir ceux-ci, on prend environ un quart de brai gras, que l'on mélange avec un quart de craie préalablement séchée et tamisée, et moitié de terre à four calcinée; on fait le mélange dans une chaudière placée en terre, et une fois le mélange bien intime, on moule le mastic dans la terre sous forme de pains cylindriques.

Les essences venant après celles à 14° sont employées à la fabrication de l'acide picrique. Les huiles lourdes contiennent beaucoup de naphtaline, substance solide à la température ordinaire, plus dense que l'eau et d'une odeur caractéristique, qui adhère fortement à tout corps qui en a été imprégné. Cette substance a du reste peu d'emplois. Les huiles lourdes servent à la conservation des bois, et, depuis quelque temps, comme éclairage, à l'aide d'une lampe construite par M. Dony et dans laquelle l'huile, amenée par un réservoir à niveau constant, est brûlée sous l'influence du courant d'air produit par un ventilateur.

II.—ESSENCES DE SCHISTES ET DE BOGHEADS.

Origine.—La formation de ces substances est due à la décomposition de matières végétales et animales particulières pour chaque espèce d'essences : ainsi le boghead d'Écosse paraît provenir du pin marin (*pinus maritima*). Cette décomposition se produit sous l'influence :

1° De l'humidité ou de la présence de l'eau; les végétaux secs ne s'altérant en aucune manière;

2° De la chaleur, pourvu toutefois qu'elle ne soit pas assez forte pour évaporer l'humidité;

3° De l'air, qui favorise la putréfaction.

Lorsque la décomposition végétale est à sa dernière limite, la

masse s'affaisse, se dessèche, son odeur se dissipe ; mais à partir de ce moment jusqu'à la formation définitive du schiste, les phénomènes qui se produisent ne sont pas encore bien connus.

SCHISTES.

On rencontre les schistes dans tous les pays, mais les qualités qui peuvent servir à la fabrication des huiles d'éclairage sont encore très-rares. Les schistes exploités en France viennent des environs d'Autun, où plusieurs fabriques les emploient. En Hongrie les schistes voisins des couches de charbon donnent lieu à une exploitation importante ; en Angleterre, on rencontre aussi des espèces exploitables ; mais c'est surtout en Écosse que l'on trouve des gisements de schistes de formation végétale, désignés sous les noms d'*ampélite d'Écosse*, de *boghead*, qui forment des bancs de 60 centimètres de hauteur sur une étendue considérable. L'exploitation se fait du reste comme pour la houille, seulement le boghead est livré en morceaux de 20 à 30 centimètres cubes.

Les schistes en France ne sont exploitables qu'autant qu'on les traite sur les lieux mêmes de l'extraction, où se trouve également le charbon. En effet, le rendement en huile légère, marquant 815° au densimètre, n'est que de 5 à 7,7 du schiste employé.

L'analyse de ces schistes donne environ :

Huile brute	15
Eau	3
Gaz	12
Coke	70
	100

Ce coke ne renferme que 8 pour 100 de charbon. Les procédés de fabrication étant les mêmes que pour le boghead, nous les décrirons plus loin.

La première opération seule peut différer, en ce sens que le rendement en huile brute étant de beaucoup inférieur, les appareils distillatoires doivent être plus grands.

Des essais, qui ont plus ou moins bien réussis, consistaient à faire la séparation des huiles brutes dans de grands cylindres verticaux. Chaque fourneau contenait six cylindres de 1 mètre cube, et était construit de manière que les schistes, amenés à la partie supérieure par des tombereaux, étaient enlevés à la fin de l'opération par des chariots en fer, qui les recevaient à la partie inférieure des appareils.

On a aussi essayé les fours coulants, mais sans aucun succès. On se sert encore maintenant dans quelques usines du premier océdé avec des cylindres plus petits, mais la plupart des fabrints ont adopté les cornues horizontales en fonte comme celles aployées pour le gaz.

Les huiles sortant de l'appareil distillatoire marquent 32° umé environ; elles se figent à une température de 10°, et poslent une couleur verte par réflexion et brune par réfraction; deur est empyreumatique; ces huiles, soumises aux diverses érations décrites plus bas à propos des huiles de boghead, ment des huiles légères à 14° Baumé, servant à l'éclairage dans lampes particulières; des huiles lourdes à 33° Baumé, emyées aussi à l'éclairage, mais dans des lampes à niveau. La nière est, du reste, beaucoup moins forte avec ces dernières iles, mais il faut dire aussi que le prix de vente est beaucoup indre. On y rencontre aussi de la paraffine mélangée à une tière qui est très-propre au graissage des machines, à conion que tout l'acide ait été saturé.

BOGHEAD D'ÉCOSSE.

Le boghead d'Écosse, produit de formation végétale, a un ect brun noirâtre; il se raye facilement, avec traces rougeâtres. a clivage est facile. On y rencontre souvent des empreintes de gères. Il est reçu, comme nous l'avons vu plus haut, en mor-ux d'un très-grand volume; on transporte ces morceaux sur wagons dans un atelier précédant la distillation; là il est sé en morceaux de 10 centimètres carrés, sur 1 centimètre paisseur environ. La première opération est la séparation des tières solides, des gaz et des matières liquides; pour cela, on ère dans des cornues en fonte placées horizontalement, et uvant contenir 200 kilogrammes de boghead. On a essayé de cer les cornues deux à deux sur un même fourneau, mais cette position n'offre pas des avantages en rapport avec les inconnients, qui sont l'inégalité de chauffage; la réparation d'une nue entraînant l'arrêt de l'autre, etc. Cette distillation doit e conduite très-lentement, afin de ne pas transformer les oduits liquides en gaz.

Une grande amélioration a été apportée dans ces derniers temps c cornues. Comme il est très-difficile de chauffer constamment a même température, on a imaginé de placer la cornue, dispo-à cet effet, sur un bain de plomb maintenu constamment à

son point de fusion. Les résultats sont considérables : outre le peu de coloration des huiles, le rendement est plus fort et les huiles d'une densité plus faible, ce qui indique évidemment qu'il ne s'est pas produit de goudron dans la distillation. Au sortir des cornues, les produits de la distillation passent dans des serpentins refroidis où se condensent les eaux ammoniacales et les huiles; les extrémités des serpentins possèdent deux tuyaux, l'un s'élevant pour aller plonger dans un barillet comme dans les usines à gaz; l'autre plongeant dans des réservoirs où se rendent les huiles. L'on obtient ainsi de 45 à 50 pour 100 d'huile marquant 35° Baumé; du gaz qui, au sortir du barillet, est aspiré et envoyé au gazomètre en passant par les appareils purificateurs. Dans la cornue, il reste un coke conservant la forme du boghead et composé de :

Charbon	33,00
Silice	39,70
Alumine	26,75
Chaux et manganèse	0,15
Peroxyde de fer	0,40
	100,00

Ce coke, après avoir servi au chauffage des cornues à distiller le boghead, laisse un résidu, composé de silicate d'alumine, propre à la fabrication des briques réfractaires. On peut aussi le transformer en sulfate d'alumine en le calcinant avec l'acide sulfurique dans un four à réverbère.

Le gaz obtenu par ce procédé, quoique moins riche que celui distillé seulement en vue du gaz, possède encore un pouvoir éclairant triple du gaz de houille; c'est, du reste, le gaz vendu à Paris comme gaz portatif.

Rectification. — Les huiles brutes marquant 35° sont soumises à une nouvelle distillation dans des chaudières, ou mieux dans des cornues à marche continue. Cette opération a pour but d'enlever la plus grande partie du goudron, que l'on recueille dans les chaudières, tandis que le coke reste dans les cornues. Quel que soit le mode de distillation, les huiles condensées ont une couleur moins foncée et marquent de 38° à 39° Baumé.

Épuration.—Les huiles à 38° sont soumises à l'action de l'acide sulfurique à 66°, dans des caisses en bois doublées de plomb et munies d'un agitateur. L'acide arrive par un tuyau percé de trous dans la proportion de 15 à 20 pour 100 de l'huile; la durée totale de l'opération est de six heures. Après ce temps, on laisse déposer. On reconnaît que l'acide a bien agi par le changement de

couleur : l'huile est bleue par réflexion, au lieu de verte, et le goudron doit être parfaitement séparé. Avant de leur faire subir la deuxième opération, on traite les huiles déposées par l'eau et même par la chaux, afin de neutraliser autant que possible l'acide qui attaquerait les chaudières. Ce lavage se fait également dans une cuve doublée de plomb et munie d'un agitateur.

Deuxième rectification. — C'est la dernière opération, mais aussi la plus importante ; car suivant qu'elle est bien ou mal conduite, on a des liqueurs blanches ou colorées. Cette deuxième rectification, comme la première pour les huiles brutes, se fait encore dans les mêmes appareils que ceux employés pour distiller les goudrons de houille.

Les premiers produits qui distillent sont mis de côté pour être repassés, à cause des impuretés qu'ils ont pu dissoudre à la surface des tuyaux. L'eau distille ensuite, si le repos n'a pas été suffisant ; puis l'on recueille les huiles dans des réservoirs, jusqu'à ce que le produit distillé marque 44° ; on met alors de côté les dernières parties ; ces huiles lourdes sont destinées ou bien à être vendues à cet état, ou mieux à être passées à la soude et redistillées. Il reste dans la chaudière une matière que l'on a appelée *graisse :* c'est un mélange de paraffine et de goudron dissous dans une partie d'huile lourde ; cette graisse est vendue à cet état pour le graissage des voitures, des bannes de charbon et même pour les machines ; mais on peut en tirer un parti plus avantageux en les retraitant comme les huiles brutes.

Les huiles à 44° forment le produit principal, c'est-à-dire l'huile de schiste ; elles sont légèrement colorées en jaune avec reflet bleu, d'une odeur très-faible quand le travail a été bien conduit. On reconnaît qu'elles sont bien purifiées en mettant dans un flacon une partie d'huile et une partie de soude caustique à 30°, et agitant : il se forme une émulsion, et par le repos la soude entraîne le goudron qui pourrait rester. Ces huiles sont d'une vente très-facile, à cause du grand avantage que l'on y trouve en les comparant à l'huile de colza : économie de prix et augmentation de lumière. Les appareils dans lesquels on brûle les huiles de schiste sont construits sur le principe de la capillarité d'une mèche trempant dans le liquide. La mèche peut varier de forme suivant l'intensité de lumière que l'on désire et aussi suivant la consommation de liquide. Ces huiles sont généralement employées par les marchands forains, les établissements et usines qui ne peuvent avoir le gaz, et par certains chemins de

fer qui ont compris l'énorme économie qui en résulte, non-seulement comme prix, mais aussi par l'avantage que possèdent ces essences de résister à la gelée. Voici, du reste, le tableau comparatif établi par de nombreuses expériences :

Becs plats, 9 lignes (20 mill.), schiste.— Ronds, 11 lignes (23 mill.), colza.

Huile de	Diam. des becs.	Intensité de lumière.	Prix relatif.	Consom. par heure.	Dépense par heure.	Économie.
Schiste..	9 lig.	égale.	0f9375	0k019	0k018	0f015 en faveur
Colza...	11	id.	1f2400	0k031	0k038	du schiste.

Soit, 52,08 p. 100, se répartissant sur : Consommation... 27,68
— — Prix............. 24,40
52,08

Becs ronds, 12 lignes (25 mill.), schiste.—13 lignes (27 mill.), colza.

Huile de	Diam. des becs.	Intensité de lumière.	Prix relatif.	Consom. par heure.	Dépense par heure.	Économie.
Schiste..	12 lig.	1.00	0f9375	0k040	0k037	0f015 en faveur
Colza...	13	0.75	1f2400	0k042	0k052	du schiste.

Soit, 52,07 p. 100, se répartissant sur : Consommation.. 2,67
— — Prix............ 21,40
— — Int. de lumière. 25,00
52,07

Les huiles lourdes, marquant 35° Baumé, débarrassées de leur paraffine, ont un grand débouché dans le commerce pour l'extraction de la quinine, le graissage et le nettoyage des machines.

Paraffine. — La paraffine se trouve dans les huiles lourdes; pour l'en extraire, on les laisse refroidir jusqu'à 4° ; elles se solidifient, et l'on voit se former alors une quantité de cristaux blancs ; on soutire à l'aide d'un robinet : l'huile filtre à travers la paraffine qui s'égoutte ; une fois tout le liquide décanté, on transporte la paraffine dans des sacs que l'on soumet à la presse hydraulique à froid. Au sortir de la presse, elle est mise en tonneau pour être livrée aux usines qui ont pour objet spécial le raffinage et la mise en bougie.

III.—ESSENCES DE TOURBE.

La tourbe, carbonisée par l'emploi de la distillation sèche,

donne des produits qui peuvent aussi servir à l'éclairage après qu'ils ont été purifiés par les mêmes procédés que les huiles de schiste.

1,000 kilogr. de tourbe contiennent :

Charbon de tourbe	400,0
Huile brute	158,0
Paraffine	8,5
Eaux ammoniacales	358,5
Perte	75,0
	1000,0

IV.—HUILE DE RANGOON.

L'huile de Rangoon, nommée aussi *huile de pétrole, huile de terre,* se trouve dans plusieurs contrées à l'état liquide, mélangée avec de la terre. Les sources les plus riches, découvertes jusqu'à ce jour, se trouvent en Pensylvanie, d'où l'on en exporte des quantités considérables, depuis quelque temps, pour la France et l'Angleterre.

L'extraction de ces huiles, qui est très-simple, consiste à faire un puits souvent peu profond où l'on adapte une pompe. Le liquide, mélangé d'une certaine quantité d'eau, est recueilli dans de grands bacs où on le laisse déposer pendant deux ou trois jours; ensuite on soutire le dessus à l'aide d'un siphon, dans des barriques d'environ 150 litres, et on le livre au commerce.

Ces huiles, se rapprochant par la couleur de celles obtenues par la distillation des schistes, ont une odeur empyreumatique très-forte ; leur densité varie de 790 à 840° au densimètre ; mais les plus légères, les plus riches, par conséquent, en essences, sont celles employées de préférence par les fabricants d'huiles d'éclairage.

Leur épuration se fait de la même manière que pour les huiles brutes de boghead, à cette seule différence près que ces matières contenant très-peu de goudron demandent beaucoup moins d'acide sulfurique pour être purifiées. Souvent même, dans le pays où l'on extrait ces huiles, on ne leur fait subir qu'une simple distillation, mais le pouvoir éclairant est moins fort. Avec des huiles marquant 457° on peut obtenir 60 à 75 pour 100 d'essences pyrogénées propres à l'éclairage et au graissage. Elles contiennent peu de paraffine.

POISAT.

CHAPITRE III. — ESSENCES NATURELLES. BAUMES ET RÉSINES.

I. — ÉTAT NATUREL. — MODE DE FORMATION.

Les essences, les baumes et les résines sont des productions du règne végétal que les botanistes considèrent comme des excrétions.

Généralement, les baumes et les résines sont associés à une essence qui les rend fluides, en leur servant de dissolvant. Ils prennent naissance dans les vaisseaux propres du tissu ligneux, tandis que les essences isolées des résines se rencontrent plus particulièrement dans des utricules du tissu cellulaire. Quelquefois ces corps exsudent spontanément au dehors du végétal; mais le plus souvent c'est à l'aide d'incisions qu'on détermine leur écoulement. On trouve une plante, la fraxinelle, qui répand des exhalaisons d'essence assez considérables pour former autour d'elle une atmosphère capable de s'enflammer par l'approche d'une bougie.

C'est à la présence des essences que les fleurs, les feuilles, les racines doivent l'odeur qu'elles exhalent. Il y a des plantes sans odeur, dans leurs conditions naturelles, d'où l'on peut extraire cependant des quantités notables d'essence qui ne se manifeste qu'après qu'on a écrasé ou broyé le tissu organique ; telle est la racine de raifort. L'essence n'y est pas toute formée, mais ses éléments y préexistent isolés les uns des autres dans des cellules particulières ; si l'on brise ces cellules, les liquides qu'elles renferment se mêlent entre eux ; il se produit une fermentation instantanée, et l'essence apparaît avec son odeur vive et pénétrante. Cet ordre de faits se remarque dans les crucifères, les liliacées, l'amande amère, le laurier-cerise. En l'absence de l'humidité, il ne se produit pas de réaction ; l'intervention de l'eau est nécessaire. Enfin, par la fermentation dans l'eau, on peut développer les essences de petite centaurée, d'ortie, de plantain, de mille-feuille, plantes complètement inodores.

Les essences et les baumes à odeur agréable sont la base de l'industrie du parfumeur ; ils ont en médecine des applications intéressantes.

es résines sont les matières premières de la fabrication des iis, de certaines espèces de savons et de composés propres au ssage, fort utiles à cause de leur bas prix.

. —ESSENCES NATURELLES.—PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES.

es essences naturelles forment un groupe dont les propriétés a nature chimique sont très-variables. Elles n'ont entre elles :aractère commun que les suivants :

ne odeur forte qui rappelle celle de la plante d'où elles proinent; une saveur âcre et brûlante, et la propriété d'être trèsammables et de brûler avec une flamme fuligineuse. Elles sont ıtiles et bouillent à des températures différentes (140° à °), dépassant toujours le point d'ébullition de l'eau; mais courant de vapeur d'eau à 100° les entraîne à la distillation c la plus grande facilité. En raison de cette propriété, on les a nmées du nom très-impropre d'*huiles volatiles*. Les essences nt aucune analogie avec les corps gras fluides. Elles sont toutes ıbles dans l'éther, le sulfure de carbone, l'alcool, les huiles les graisses. Très-peu solubles dans l'eau; elles s'y dissolvent endant assez pour lui communiquer leur odeur et leur saır.

Leur densité n'est pas uniforme; elles sont en général plus lées que l'eau, mais il y en a de plus lourdes. Leur couleur ie entre les teintes verte, jaune, ambrée, brune ou rouge; ne d'entre elles est bleue (l'essence de camomille). Ces colorans ne sont pas inhérentes aux essences. Une rectification bien te les rend incolores. En général, elles sont liquides à la tem:ature ordinaire; il y en a de concrètes, comme le camphre, de la consistance du beurre, comme l'essence d'anis, de roses, fenouil, devenant fluides sitôt qu'on les échauffe. Cette faculté se congeler est due à la prédominance de la matière concrète i fait partie d'un très-grand nombre d'essences, et qu'on a nmée le *stéaroptène;* un abaissement de température le sépare la partie fluide l'*éléoptène*, et l'essence se congèle.

L'action de l'air colore, épaissit les essences en les transformant matière résineuse qui ne passe plus à la distillation. La luère favorise beaucoup cette transformation. Au lieu d'une rée, les produits de l'oxydation par l'air de l'essence de cannelle, mandes amères, de cumin, sont des acides bien définis, l'acide namique, benzoïque et cuminique.

Le chlore, le brôme, l'iode, altèrent les essences, se substituent à l'hydrogène, et les convertissent en des composés nouveaux. Le phosphore et le soufre peuvent s'y dissoudre, mais le second, surtout à chaud, les décompose et en change totalement la nature.

L'acide nitrique concentré les attaque avec violence, souvent avec production de flamme et explosion. Lorsqu'il est plus étendu, le produit de la réaction se rapproche des effets de l'oxygène de l'air : c'est une résine ou des acides organiques, quelquefois un mélange des uns et des autres.

On remarque dans quelques essences la propriété de former de véritables combinaisons avec les alcalis; celles de girofle, de piment, de moutarde en sont un exemple; d'autres, sous l'influence des bases, se dédoublent en un acide qui se combine à l'alcali, et en un hydrogène carboné liquide qui se sépare. Telles sont les essences de cumin et de valériane.

La tendance à jouer le rôle de base est particulière aux espèces d'essences à deux éléments (carbure d'hydrogène, $C^{10} H^{8}$); en absorbant le gaz acide chlorhydrique, elles donnent naissance à des combinaisons cristallisées, de véritables chlorhydrates, qu'on nomme camphres artificiels.

On voit par ce court exposé les larges différences qui séparent les essences entre elles au point de vue de leur caractère chimique. Leur histoire ne saurait être complète qu'en décrivant chaque espèce en particulier. Ce sont des corps très-complexes, toujours riches en carbone et en hydrogène, susceptibles de se dédoubler sous l'influence des agents chimiques, en une série de composés ayant pour point de départ un radical hypothétique ou réel qui joue un rôle analogue à celui du cyanogène (allyle, $C^{12} H^{10}$) (benzoïle, $C^{14} H^{6} O^{2}$) (cuményle, $C^{18} H^{11}$).

Au point de vue de leur composition élémentaire, on les partage en trois groupes :

1° Les essences à deux éléments, hydrocarbures liquides isomères entre eux;

2° Les essences à trois éléments, hydrocarbures oxygénés;

3° Les essences sulfurées sans oxygène, mais contenant du soufre et de l'azote.

Le tableau suivant réunit les principales parmi ces essences

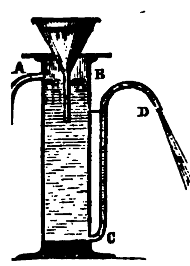
HYDROCARBURÉES.	OXYGÉNÉES.	SULFURÉES.
—	—	—
	Essence d'amand. amère.	
sence de citron.	— de cannelle.	Essence de moutarde.
— d'orange.	— d'anis.	— d'ail.
— de genièvre.	— de menthe.	— de raifort.
— de térébenthine	— de lavande.	— de capucine.
— de copahu.	— de valériane.	— de cresson.
Soptène de rose.	Stéaroptène de rose.	— d'assa-fœtida.

III. — EXTRACTION DES ESSENCES. — FALSIFICATION.

Le procédé principal de l'extraction des essences est la distilla- n. Il est fondé sur leur propriété d'être volatiles et insolubles ns l'eau. On n'a recours à d'autres méthodes que pour certains particuliers que nous décrirons plus loin.

Dans le midi de la France, à l'époque la floraison des labiées, ande, thym, romarin, marjolaine, etc., on transporte un alam- dans les champs ou sur les collines où ces plantes se trouvent plus grande abondance. On installe, tant bien que mal, un ırneau pour chauffer l'alambic, et les plantes, ramassées par s femmes, sont apportées toutes fraîches dans ce laboratoire en ein air.

Le distillateur, qui est tantôt un garçon de ferme, tantôt l'em- oyé d'un fabricant de la ville, charge de plantes un bain-marie ı toile métallique ajusté sur la cucurbite de l'alambic, verse l'eau écessaire pour baigner la masse ; et, après avoir établi les autres èces de l'appareil, il chauffe de manière à retirer, par la distilla- m, le tiers de l'eau qu'il a introduite dans la cucurbite. A ce oment, toute l'essence est passée avec la vapeur d'eau et s'est ndensée dans un vase spécial qu'on nomme récipient florentin, et dont la figure ci-jointe est un des meilleurs modèles. L'eau distillée et l'essence tombent ensemble du réfrigérant de l'alambic dans le récipient florentin ; l'essence, plus légère, vient se rassembler dans la partie supérieure A B, et s'écoule par le tube A, à mesure que la couche huileuse s'élève à ce niveau, tandis que l'eau prend le chemin opposé CD.



ig. 345.—Récipient florentin.

Telle est, dans sa simplicité primitive, la méthode servant à fabriquer les essences des labiées, essences à bas prix pour lesquelles faut réduire les frais de fabrication en évitant le coût du trans- rt des plantes.

On ne procède pas autrement dans les laboratoires de distillateurs pour les essences d'un prix élevé, celles de fleur d'oranger, de mélisse, de menthe, d'anis et de roses. Seulement, les appareils sont mieux installés, les moyens de chauffage mieux entendus, et au lieu d'employer l'ébullition des plantes dans l'eau, quelques fabricants trouvent plus avantagenx de faire arriver dans la cucurbite un jet de vapeur.

Les essences plus lourdes que l'eau, celles de laurier-cerise, de sassafras, de girofle, de canelle, s'obtiennent par le même procédé. Pendant longtemps, on a suivi l'indication d'Hoffmann, en faisant dissoudre du sel marin dans l'eau du récipient; mais cette addition est inutile : le même récipient florentin peut servir à séparer de l'eau les essences plus lourdes. Seulement, les deux liquides prennent dans le vase une route inverse : c'est l'eau qui s'écoule par l'ouverture AB, et l'essence gagne le fond. On évite le départ avec l'eau des gouttelettes d'essence en recevant le liquide dans un entonnoir dont la douille plonge dans l'eau au-dessous du niveau AB.

Dans la fabrication des essences facilement congelables (d'anis, de fenouil, de badiane, de roses), on laisse s'échauffer l'eau du réfrigérant, sur la fin de la distillation, pour liquéfier les portions d'essence solidifiées contre les parois du serpentin.

En général, les plantes fraîches fournissent une essence d'une odeur plus agréable et en plus grande abondance que les plantes sèches.

Le rendement en essence dépend beaucoup du climat sous lequel la plante s'est développée, et les pays chauds présentent des conditions plus favorables que les régions du Nord. Ainsi, d'après M. Raybaud, 100 kilogr. de fleurs d'oranger de Provence rendent 300 grammes d'essence. La même quantité de fleurs des environs de Paris n'en produit que 54 grammes. Voici, d'après M. Raybaud parfumeur à Paris, le rendement en essence de 50 kilogr. des plantes suivantes :

Absinthe (grande)	60gr	Macis	60gr
— (petite)	19	Muscades	315
Angélique	140	Roses de Paris	2
Anis	590	— de Provence	8
Badiane	560	Sabine	480
Cannelle de Chine	375	Sassafras	32
Laurier-cerise (frais)	160	Tanaisie	150

Le procédé d'extraction des essences par l'expression directe n'est usité que pour obtenir les essences de la partie corticale du

ron, de l'orange et des fruits analogues. Il sera décrit en par-
it de l'essence de citron en particulier.

Des fleurs à parfum très-suave et très-estimé, le jasmin, la
olette, l'héliotrope, la jonquille, le réséda, le muguet, ne cèdent
s d'essence par la distillation avec l'eau. Suivant M. Millon,
ir matière odorante ne serait pas volatile; elle est soluble dans
au, et n'existe dans ces fleurs qu'en quantité impondérable.
ı conçoit que la distillation ne donne pas de résultat. Du reste,
bullition dans l'eau semble anéantir le parfum de ces fleurs.

Millon extrait ces matières odorantes par une lixiviation
éthodique des fleurs avec l'éther, le chloroforme ou le sulfure
carbone. Ces liquides, suffisamment chargés du produit aro-
atique, sont distillés et laissent pour résidus la substance elle-
ême du parfum. Le haut prix de revient de ce procédé en a fait
gliger l'emploi jusqu'à présent.

On suit depuis longtemps dans la parfumerie la méthode de
. Millon pour obtenir les mêmes parfums, mais au lieu de dis-
lvants volatils, c'est l'huile d'olive ou la graisse de porc qui
nt employées. Ces véhicules, chargés du principe odorant, par
usieurs opérations répétées avec de nouvelles fleurs, forment
que les parfumeurs appellent des *pommades,* lorsque c'est la
aisse qui est le dissolvant, et *huiles de jasmin, de réséda,* etc.,
rsque le parfum a été extrait par l'huile d'olive.

En traitant ces huiles ou ces pommades par l'alcool, celui-ci
empare à son tour du principe odorant et laisse le corps gras.
e sont ces dissolutions alcooliques qu'on livre au commerce sous
s noms d'*extraits* et d'*esprits.*

FALSIFICATION DES ESSENCES.

C'est dans l'odorat et le goût, aidés par l'exercice, qu'on trouve
s indications les plus sûres pour juger de la qualité des essences.
alheureusement, l'appréciation des sens est très-variable sui-
ınt la disposition des organes, et on ne connaît pas de réaction
ıimique bien certaine pour dévoiler le mélange des essences
ıtre elles.

La fraude par l'alcool se reconnaît en agitant l'essence avec
n peu d'acétate de potasse. Ce sel, en se dissolvant dans l'al-
ool, l'entraîne à la partie inférieure du tube, et l'essence sur-
age.

Le mélange avec une huile fixe devient très-évident si l'es-
ence laisse sur le papier une tache huileuse qui ne disparaît pas

par la chaleur et l'agitation dans l'air. L'alcool à 40° ne dissout pas les huiles fixes; lorsqu'on l'agite avec 1 dixième de son poids d'une essence huileuse, le corps gras trouble l'alcool et finit par s'en séparer, tandis que l'essence forme une dissolution limpide.

Aucun des procédés cités par les auteurs pour mettre en évidence l'essence de térébenthine ne donne des résultats satisfaisants, y compris celui par l'huile d'œillette. Nous nous abstenons de les mentionner; ils ne peuvent faire naître que des erreurs.

Le mélange avec l'essence de térébenthine est la plaie du commerce d'essences. La matière est à vil prix, et chaque fabricant sait qu'en distillant plusieurs fois de la térébenthine sur une plante à essence, elle perd une partie de son odeur spéciale pour laisser dominer celle de la plante.

On peut bien, à l'aide de l'odorat, reconnaître jusqu'à un certain point ces mélanges d'essences, en mettant à profit leur différence de volatilité. Ainsi, on fait tomber quelques gouttes de l'essence suspecte sur un papier, on l'agite dans l'air, et en flairant le papier à diverses reprises, on saisit dans les intervalles les odeurs étrangères à l'essence principale. Ce procédé, qui réside entièrement dans la délicatesse du sens olfactif, n'a rien de certain dans la conclusion qu'on en tire.

On trouve des indices beaucoup plus exacts dans une expérience très-simple fondée sur l'hydratation de l'essence de térébenthine par l'action de l'air humide. Si l'on souffle avec la bouche dans un flacon d'essence de térébenthine rempli aux trois quarts, assez doucement pour ne pas agiter le liquide, il se condense un peu d'humidité sur l'essence et on voit se former des stries blanches, des nuages qui descendent dans le liquide. En répétant cette expérience sur de l'essence de lavande ou de menthe *pures*, l'humidité ne descend pas sous la forme de nuages, mais comme des gouttelettes en chapelet, tandis qu'une essence mélangée de térébenthine se comporte comme la térébenthine elle-même. Les stries nuageuses deviennent d'autant plus évidentes que le mélange a été plus frauduleux. Ce phénomène se produit avec 5 pour 100 d'essence de térébenthine, et il y a très-peu d'essences dans le commerce qui résistent à cette épreuve.

ESSENCE DE CITRON.

L'essence de citron est contenue dans des utricules spéciales de la partie jaune (zeste) qui forme la surface de ce fruit.

Pour l'extraire, on enlève avec une râpe toute la substance

aune. La pulpe qu'on obtient est renfermée dans des sacs en crin t soumise à la presse. En même temps que l'essence s'écoulent ous les sucs aqueux de la pulpe. Le repos détermine la séparation le l'essence qui, plus légère, vient à la surface.

Dans certaines fabriques, on roule le fruit dans une sorte l'écuelle garnie de pointes qui, en piquant l'écorce, en font sortir 'essence, laquelle se réunit dans un tube placé au fond de 'écuelle. L'essence ainsi obtenue est la plus estimée. (Rapport le l'exposition universelle de 1855.) Ce n'est qu'après cette opération qu'on râpe le zeste et qu'il est exprimé ou distillé.

Dans tous les cas, le tourteau est encore imprégné d'essence; on le soumet à la distillation avec de l'eau ou à l'action d'un courant de vapeur, et on obtient une seconde qualité de produit, dite essence de citron distillée.

Les mêmes procédés servent à extraire l'essence des autres fruits des Hespérides.

Voici un aperçu de leur rendement.

SUR 100 PARTIES DE FRUITS.	ESSENCE EXPRIMÉE.	ESSENCE DISTILLÉE.
Bergamote	80	?
Cédrat	50	72
Citron	60	44
Limette	30	34
Orange	80	80

L'essence de citron par expression est liquide, d'une jaune clair, d'une odeur très-suave. Elle perd de la finesse de son parfum en vieillissant et se trouble constamment, malgré des filtrations répétées. On peut lui faire perdre cette tendance à se troubler en l'agitant avec un peu de lait frais et laissant déposer : l'essence se sépare du dépôt très-limpide, et se conserve ainsi longtemps.

L'essence de citron distillée est incolore. C'est un mélange de deux carbures d'hydrogène ($C^{10} H^8$) isomériques, se distinguant par un pouvoir rotatoire et un point d'ébullition différents. Elle se combine à l'acide chlorhydrique et donne lieu à la formation de deux camphres, l'un solide, l'autre liquide.

Pour la conservation des essences d'orange, de citron, de bergamote, il est bon de noter le fait suivant observé par les fabricants de Reggio et de Messine. La suavité, *la fraîcheur* du parfum ne s'altèrent pas lorsqu'on loge ces essences dans des vases en fer-blanc ou en cuivre étamé, tandis que l'une et l'autre s'évanouissent en peu de temps si on fait usage de flacons en verre même à l'abri de la lumière. Il n'y a pas d'explication à ce fait, à moins de l'attribuer à l'action désoxydante de l'étain.

ESSENCE DE ROSE.

La quantité d'essence de rose fabriquée en France est insignifiante ; le commerce du Levant fournit la presque totalité de la consommation.

Des voyageurs ont raconté que le procédé d'extraction usité en Orient consistait à faire fermenter les pétales de la rose (*rosa damascena*) avec de l'eau, dans des pots que l'on expose au soleil. Il vient à la surface une écume blanche qu'on recueille avec un pinceau, et, fondue à une douce chaleur, cette écume constitue l'essence de rose qu'on livre au commerce. Ce procédé tout primitif ne doit être employé que par les agriculteurs dépourvus d'alambic. Partout ailleurs on se sert de la distillation avec de l'eau, suivant la méthode décrite précédemment.

L'essence de rose, à la température ordinaire, offre la consistance d'un beurre transparent. Elle fond à la chaleur de la main en un liquide onctueux, de couleur ambrée, d'une odeur de rose très-forte, devenant plus suave lorsqu'elle est en petite quantité. C'est un mélange de deux substances, l'une solide jusqu'à + 90°, le stéaroptène, qui est un hydrogène carboné simple; l'autre liquide, dans laquelle réside plus particulièrement l'odeur de roses, et qui contient de l'oxygène.

Le haut prix de l'essence de rose excite à la fraude les importateurs du Levant. On la mélange surtout avec de l'essence de géranium ou de sandal, et ces mélanges sont très-difficiles à reconnaître au moyen de réactions chimiques. L'essai par l'iode, par l'acide sulfurique (conseillé par quelques auteurs), ne donnent pas d'indices certains. Jusqu'à la découverte d'une meilleure méthode, voici celle qui mérite le plus de confiance. L'essence de rose pure reste congelée à 34 et 36°. Lorsqu'on s'est assuré par les procédés indiqués plus haut qu'une essence suspecte ne contient pas de corps fixes (blanc de baleine ou cire) capables d'augmenter sa faculté d'être congelable, on peut tirer un indice de sa pureté du degré élevé de température auquel elle résiste avant de se fluidifier. Toutes les essences d'Orient fondent de + 15 à + 20°. Aussi, nul ne peut se flatter de recevoir de l'essence de roses pure.

Après cette expérience, il n'y a plus que l'odorat pour apprécier sa qualité.

ESSENCE D'AMANDES AMÈRES.

Cette essence appartient au groupe de celles qui ne préexistent pas toutes formées dans le végétal et qui sont le produit d'une réaction chimique, d'une sorte de fermentation entre plusieurs principes immédiats du même végétal (l'amygdaline, l'émulsine, la myrosine, le myronate de potasse).

Pour la préparer, on délaye le tourteau d'amande amères avec de l'eau froide, de manière à former une pâte claire. Trois heures après, on verse cette pâte dans un alambic et on fait arriver dans la masse un courant de vapeur. Le reste de l'opération s'exécute comme il a été décrit dans le procédé général par distillation. Quand la macération du tourteau dans l'eau est trop ou pas assez prolongée, le rendement en essence est amoindri. L'emploi de la vapeur est indispensable, car par la simple ébullition dans l'eau le magma est exposé à brûler dans la cucurbite, ou bien il monte et gagne le serpentin. On fait subir à l'essence d'amandes amères une seconde distillation avec de l'eau pour l'avoir incolore.

La même méthode est employée pour extraire l'essence de moutarde.

L'essence d'amandes amères est un liquide plus lourd que l'eau, réfractant fortement la lumière. L'action de l'air dans les flacons à moitié remplis produit des cristaux blancs qui sont de l'acide benzoïque. Elle contient de l'acide cyanhydrique dont on peut la débarrasser par l'agitation avec du perchlorure de fer et la distillation sur de la chaux. Ainsi purifiée, l'essence d'amandes amères constitue l'hydrure de benzoïle ($C^{14}H^{5}O^{2}+H$), radical hypothétique d'où MM. Liebig et Wœhler ont fait dériver un grand nombre de composés remarquables.

La densité de l'essence d'amandes amères (1,043) s'oppose à ce qu'on la fraude avec de l'alcool et des essences légères qui changeraient cette densité si facile à constater. Mais la nitro-benzine (essence de mirbane) se prête mieux à la falsification en lui donnant, il est vrai, une teinte ambrée qui fait naître le soupçon. Cependant l'essence d'amandes amères pouvant être colorée sans cesser d'être pure, on constatera la présence de la mirbane par l'expérience suivante :

Un centimètre cube d'essence est bien mélangé dans un verre à pied avec 5^{cc} d'acide sulfurique à 66°. On ajoute à ce mélange 5^{cc} d'alcool à 36°, et, après avoir agité, on verse encore 5^{cc} d'eau.

Si l'essence d'amandes amères est pure, le liquide reste transparent ; ne contiendrait-elle que 5 pour 100 de mirbane, le liquide devient laiteux et, à la surface, il paraît une gouttelette huileuse qui est la mirbane mélangée.

En donnant quelques détails sur les trois essences précédentes, nous avons fait connaître trois types de séries dans lesquelles on peut ranger les autres espèces. L'histoire particulière de chacune d'elles n'apprendrait que des faits intéressants au point de vue de la science générale, mais se rattachant peu aux questions de chimie industrielle.

IV.—BAUMES NATURELS.

Les résines demi-fluides exsudant d'un arbre autre que le pin et le sapin recevaient autrefois le nom de baumes.

Lorsqu'on a voulu faire un classement de ces matières, fondé sur leur composition chimique mieux connue, on a réservé le nom de baumes pour celles qui contiennent de l'acide benzoïque ou cinnamique, en reléguant parmi les térébenthines celles qui n'en contenaient pas.

La distinction scientifique n'a pas prévalu dans le langage ; on persiste à appeler baumes des corps dépourvus de ces acides caractéristiques.

Les baumes à acide benzoïque ou cinnamique sont le benjoin, le baume de tolu, le styrax, le liquidambar.

Les baumes de copahu, de la Mecque, du Canada, de Gilead, sont des analogues de la térébenthine des conifères.

Au moment de leur exsudation, ces divers produits sont composés de deux matières dominantes, une résine et une essence, qui donnent à la résine la fluidité nécessaire pour s'écouler par les fissures de l'écorce. Si l'essence est volatilisée, en totalité ou en partie, par l'action de l'air et du soleil, quand on fait la récolte, le baume est à l'état sec comme le benjoin, à l'état pâteux comme le tolu, ou en consistance de miel comme le styrax et le liquidambar.

Leurs propriétés générales sont celles d'un mélange d'une résine et d'une essence. Lorsqu'on les chauffe, l'essence se volatilise et la résine reste pour résidu. Leur densité est plus grande que celle de l'eau. Ils sont solubles dans l'éther, dans l'alcool, dans le sulfure de carbone. L'eau n'attaque pas la résine, mais elle peut se charger de l'odeur de l'essence et dissoudre un peu des acides benzoïque ou cinnamique. La parfumerie

emploie le benjoin, le styrax; les autres baumes sont des médicaments.

Benjoin. — Il découle, sous forme d'un suc blanc, des incisions faites au *styrax-benzoin*, arbre de la famille des styracinées. Il se solidifie promptement sous l'action de l'air.

On le rencontre dans le commerce tantôt en larmes ou en blocs demi-transparents, parsemés de larmes blanches : c'est le benjoin de Siam, le benjoin Vanille; tantôt sous forme de masses opaques offrant çà et là de larges taches blanches, uniformes et sans impuretés : c'est le benjoin de Sumatra, benjoin amygdaloïde.

Le benjoin contient une essence à laquelle il doit son odeur, de l'acide benzoïque qu'on peut séparer par la sublimation ou par l'ébullition dans l'eau avec de la chaux, et plusieurs variétés de corps résineux.

Baume de tolu.—Il provient du *myrosperimum toluiferum*, arbre de la famille des légumineuses (Amérique méridionale).

Suivant son ancienneté, le baume de tolu est ou mou, ou sous la forme d'une résine cassante translucide en couches minces. On le recherche à l'état sec, et cependant il est bien plus aromatique lorsqu'il est mou.

On y trouve une huile essentielle, de l'acide cinnamique et deux espèces de résine. A la distillation sèche, on peut en retirer de l'acide benzoïque, de l'acide cinnamique, de l'éther benzoïque et un carbure d'hydrogène ($C^{14}H^{8}$) que M. Deville a nommé benzoène.

Styrax liquide.—Le styrax liquide est une matière grise ayant la consistance d'un miel épais; elle est opaque et s'agglutine fortement sous les doigts. Lorsqu'on la distille avec de l'eau, on obtient une essence qu'on a nommée *styrol*. Le résidu, traité par l'alcool bouillant, fournit une résine cristallisable, la *styracine*. Cette styracine, sous l'influence de la potasse caustique, se transforme en acide cinnamique et en un corps remarquable, la *styrone*, capable d'être convertie en essence de cannelle par une oxydation lente (Strecker), et en essence d'amandes amères par une oxydation plus énergique, au moyen de l'acide sulfurique et du peroxyde de manganèse.

Le baume du *Pérou* et le *liquidambar* ont l'apparence d'une huile épaisse; le premier est noir, le second a une couleur fauve. Leur composition chimique est analogue. M. Frémy en a retiré la *cinnaméine* et la *meta-cinnaméine*, sur lesquelles il a observé ce fait intéressant, que l'acide cinnamique était le produit de l'oxydation lente de ces deux substances.

Les baumes de *copahu,* du *Canada,* de la *Mecque,* de *Gilead,* ne se distinguent des térébenthines que par leur odeur spéciale et quelques caractères différents dans les acides que fournissent leurs résines. L'essence de ces baumes ($C^{10}H^{8}$) est isomère avec celles de térébenthine et de citron.

V.—RÉSINES.—GOMMES-RÉSINES.

Les sucs résineux qui exsudent des végétaux, soit spontanément soit par des incisions, en se concrétant sous l'influence de l'air et du soleil, produisent les résines et les gommes-résines naturelles. Il y a des résines disséminées dans le tissu des végétaux qui n'exsudent pas au dehors; il faut les extraire par l'action d'un dissolvant comme on le fait pour la résine de jalap. D'autres, d'un grand emploi industriel, telles que la colophane, la poix noire, etc., sont le résidu de la distillation d'un suc résineux fluide, soit à feu nu, soit en présence de l'eau. Enfin, il y a une résine qui ne nous est connue qu'à l'état fossile, le succin.

Les résines sont des corps solides, friables, souvent translucides, avec ou sans odeur; il y en a de molles, comme la résine élémi; mais elles durcissent toutes avec le temps. Elles ont pour caractères communs de s'électriser par le frottement, d'être insolubles dans l'eau, d'être éminemment combustibles et de brûler avec une flamme très-fuligineuse. L'action de la chaleur les ramollit, les fait entrer en fusion, et, si l'on élève la température en vase clos, elles produisent en se décomposant divers carbures d'hydrogène solides, liquides ou gazeux. Ce sont des corps oxygénés, mais le carbone et l'hydrogène prédominent dans leur composition élémentaire.

L'éther dissout très-bien les résines, à l'exception cependant de celles de jalap et de copal. En général, elles sont solubles dans le sulfure de carbone, dans les essences et les huiles fixes. L'alcool, l'esprit de bois, surtout à chaud, en dissolvent le plus grand nombre. Ces dissolutions se troublent, deviennent laiteuses; lorsqu'on y ajoute de l'eau, la résine s'en sépare; lorsqu'elles ne sont pas solubles, elles peuvent le devenir par une préparation préliminaire; ainsi, le copal et le succin, après la fusion, s'unissent très-bien à l'essence de térébenthine ou à l'huile de lin.

Beaucoup de résines ont une tendance à se comporter comme des acides faibles; elles se combinent avec des bases et forment des *résinates.* On a tiré parti de cette propriété pour préparer des combinaisons de résines avec la potasse ou la soude, qui rendent

les mêmes services que les savons formés par les corps gras. Il y a aussi des résines indifférentes dont la solution alcoolique ne rougit pas le tournesol et qui ne s'unissent point aux bases. Partant de cette différence fondamentale, Unverdorben a classé les résines en *résines négatives* ayant les propriétés d'un acide, et en *résines positives* ou indifférentes. Le même chimiste, en se servant tour à tour de dissolvants spéciaux, l'alcool, l'éther, l'essence de térébenthine, des dissolutions alcooliques de sels métalliques, a fait voir que les résines n'étaient que des mélanges de plusieurs variétés de corps résineux. Quelques-uns d'entre eux sont cristallisables.

La laque en écaille, le copal, la sandaraque, l'élemi, le mastic, ont de l'importance comme matières industrielles; ils sont la base des vernis et méritent une mention particulière. La colophane a été étudiée d'une manière spéciale dans le chapitre Ier.

Résine laque. — Les femelles d'un petit insecte hémiptère, le *coccus lacca,* s'établissent en troupes serrées sur les branches de plusieurs figuiers de l'Inde. Elles font des piqûres à l'écorce de ces arbres; il en sort un suc rouge qui sert de nourriture aux larves, et au bout d'un certain temps les branches se recouvrent d'une croûte formée tout à la fois par l'exsudation du végétal et les débris de l'insecte. Cette croûte contient la résine laque et une matière colorante rouge avec laquelle sont teints les maroquins du Levant.

Si l'on coupe les petits rameaux qui portent ces agglomérations à leur surface on a la *laque en bâtons;* les fragments résineux qui s'en détachent constituent la *laque en grains.* De ces deux variétés on extrait, d'un côté, la matière colorante; de l'autre, la résine.

L'opération consiste à les faire bouillir avec de l'eau alcaline; la couleur qui provient de l'insecte est dissoute; la résine se met en fusion pâteuse; on la coule sur des tables de pierre, et lorsqu'elle est refroidie, on la retire sous forme d'écailles minces, blondes, oranges ou brunes; c'est la laque en écailles du commerce. Tandis que la solution aqueuse, précipitée par l'alun, fournit la matière tinctoriale appelée lak-dye, lac-laque.

La laque, à laquelle on donne le nom impropre de gomme laque, est une résine précieuse par ses applications en ébénisterie et pour la fabrication des vernis et de la cire à cacheter. Elle se présente en feuilles minces, plus ou moins colorées, inodores, translucides, très-cassantes, plus pesantes que l'eau. Elle est

fusible à la chaleur et donne un liquide visqueux. Elle se dissout en totalité dans l'alcool absolu, dans les dissolutions de potasse ou de soude qu'elle neutralise à la manière d'un acide.

L'action des hypochlorites, en décolorant la gomme laque, a donné naissance à une industrie spéciale : celle des fabricants de laque blanche. Les tours de main du procédé employé dans le blanchiment sont des secrets d'atelier; on peut cependant réussir en suivant la méthode ci-après :

On fait bouillir la laque avec de l'eau de Javelle concentrée. Une grande partie de cette résine se dissout, tandis qu'une autre partie surnage à l'état demi-fluide; on remue le tout avec une spatule en prolongeant l'ébullition et en faisant des additions d'eau de Javelle jusqu'à disparition de la couleur rouge. A ce moment on cesse de chauffer et on verse peu à peu de l'acide sulfurique en léger excès, en ayant soin d'agiter pendant toute l'opération.

L'acide sépare la laque de sa dissolution dans l'eau de Javelle, sous forme d'une pâte blanc grisâtre et une malaxation méthodique de cette pâte complète le blanchiment. C'est dans cette partie du procédé qu'il est nécessaire de connaître les tours de main d'atelier pour donner à la laque cette blancheur nacrée qu'on remarque dans le produit livré au commerce.

La laque blanche est très-recherchée pour fabriquer des vernis à l'esprit-de-vin incolores, pour apprêter certains tissus et les chapeaux de paille. Dans ces dernières applications, on se sert d'un dissolvant très-économique, l'eau ammoniacale aidée de la chaleur.

Unverborben a pu séparer de la résine laque cinq variétés de corps résineux. Le chimiste John y a découvert 16 pour 100 d'une matière spéciale, la *laccine,* dont les propriétés tiennent de celles de la cire et de la résine.

Résine copal. — On distingue trois espèces de copal, le dur, le demi-dur et le tendre, sans compter les diverses variétés de ces trois espèces.

Le *copal dur* le plus estimé s'écoule d'un arbre de Madagascar, l'*hymenea verrucosa.* Les portions de résine qui, en se concrétant, restent suspendues à l'écorce, forment de grosses larmes jaune pâle, transparentes comme du verre. Mais la plus grande quantité coule jusqu'à terre et se trouve souillée par du sable et des débris organiques dont les morceaux gardent l'empreinte après le nettoyage qu'on leur fait subir. Il se présente alors sous forme

de fragments irréguliers, souvent plats, à surface terne et blanchâtre; mais la cassure est vitreuse et montre l'intérieur presque incolore, ayant la transparence du cristal. Ce copal est inodore et sans saveur; il ne se laisse pas rayer par l'ongle. Il se gonfle dans l'alcool et dans l'éther, sans s'y dissoudre. Chauffé, il se ramollit, mais il n'entre en fusion qu'à une température élevée, change de nature après cette fusion et devient miscible aux huiles fixes et à l'essence de térébenthine. On pourrait le confondre avec le succin par ses caractères extérieurs; mais il ne donne pas d'acide succinique à la distillation sèche.

Réduit en poudre et soumis à l'étuve pendant quelque temps, ou bien porphyrisé avec de l'eau et exposé à l'action de l'air, il absorbe de l'oxygène et devient soluble dans l'éther et dans l'alcool.

Le *copal demi-dur* est la résine de l'*hymenea courbaril.* Il se distingue faiblement du copal dur par son aspect extérieur. Mais il se laisse plus facilement entamer par le couteau. Il a une odeur faible. Il se ramollit à la chaleur et forme une masse élastique qui peut s'étirer en fil. Il se dissout en partie dans l'alcool et dans l'éther; tandis que le copal dur devient visqueux et ne se dissout pas.

Le *copal tendre, gomme dammar,* provient du *dammara orientalis.* Il s'éloigne des deux précédents parce qu'il se laisse rayer par l'ongle, par sa friabilité, sa surface blanchâtre, nébuleuse jusqu'à une certaine profondeur, et par sa solubilité plus grande dans l'alcool, les huiles et les essences. Il a une valeur commerciale bien inférieure et ne peut servir à la fabrication des vernis durs.

Résine élemi.—Sous le nom de résine élemi on désigne plusieurs variétés de résines découlant de l'*icica icicariba*, l'*elaphrinum, elemiferum,* l'*amyris elemiferum*, de la famille des térébenthacées, arbres qui croissent au Brésil et dans l'Inde. Le commerce l'importe en caisses de 100 à 150 kilogrammes. C'est une matière molle blanc jaunâtre demi-transparente vue en lames minces; elle se dessèche à l'air et devient cassante avec le temps. Elle est entièrement soluble dans l'alcool à chaud, et par le refroidissement la solution laisse déposer une résine cristallisée qu'on a appelée *élémine.*

A la distillation elle peut fournir 13 pour 100 d'une essence très-rapprochée de l'essence de térébenthine par sa composition élémentaire et par ses propriétés chimiques.

La résine élemi, en raison de son bas prix, est très-propre à la

fabrication des vernis communs et à l'imprégnation des cartons qu'on veut rendre hydrofuges.

Mastic et sandaraque. — Ces deux résines se présentent sous la forme de petites larmes blanc jaunâtre, translucides très-friables. La faible coloration de leur dissolution dans l'alcool les fait appliquer de préférence aux vernis destinés à recouvrir les peintures.

Ces deux résines ayant une valeur commerciale très-différente, il est important de les distinguer l'une de l'autre.

Le mastic découle du *pistacia lentiscus*, arbre des térébenthacées cultivé en Orient, à Scio et dans les îles Ioniennes. Ses larmes sont rondes ou aplaties. Il a une odeur douce, une saveur aromatique; il est friable à la température ordinaire, mais il se ramollit aisément dans la bouche et devient ductile sous la dent. Il est entièrement soluble dans l'éther.

La sandaraque est produite par le *thuya articulata* des conifères. Elle est en larmes plus allongées que le mastic. Elle n'a pas la même odeur; elle reste friable et se brise sous la dent, malgré la chaleur de la bouche. Elle est moins soluble dans l'éther et l'essence de térébenthine que le mastic; mais elle se dissout complétement dans l'alcool, tandis que le mastic laisse un résidu. L'eau alcaline dissout la sandaraque; on met à profit cette propriété pour enlever aux larmes la surface blanche qui les recouvre, et les livrer au commerce, transparentes, sous le nom de sandaraque lavée.

Succin. — *Ambre jaune.* — Cette matière appartient au règne minéral par son gisement; mais il est démontré par plusieurs indices qu'elle a découlé d'un arbre, à l'état fluide, comme le fait une résine : les débris d'écorce, de feuilles de pétiole, les petits insectes entiers qui vivent ordinairement sur les végétaux, emprisonnés dans des fragments de succin, ne laissent pas de doute à cet égard. C'est une résine fossile.

On la récolte sur les côtes de la Baltique, surtout dans le voisinage de Dantzick et de Kœnisberg. Il y en a en Sicile, en Auvergne, en Saxe; on en trouve encore dans la Sibérie et le Groenland.

Les morceaux volumineux, bien transparents, ont un très-grand prix pour la fabrication des bijoux et des objets de bimbeloterie. Les industries chimiques n'emploient que les petits morceaux et les débris des ouvrages de tour. Ce sont alors de petits fragments irréguliers, durs, à cassure conchoïdale avec éclat vitreux, d'une

couleur variable du jaune clair au rouge brun, plus pesant que l'eau, insipides et inodores à froid. Par le frottement, le succin s'électrise, d'où lui vient son nom persan de *karabé*, tire-paille, et d'*elèctron* en grec.

Le succin donne un vernis dur et très-solide en dissolution dans l'huile de lin cuite; mais il a besoin d'être fondu par la chaleur pour devenir miscible à l'huile. Chauffé dans une cornue, il donne naissance à divers hydrogènes carbonés liquides, de même composition que l'essence de térébenthine, et à de l'acide succinique qui se condense en aiguilles sur le dôme de la cornue.

A part le sang-dragon, résine rouge employée comme matière colorante des vernis, les autres résines ont peu d'intérêt pour l'industrie.

Les *gommes-résines* se distinguent des résines en ce qu'elles sont le produit de la dessiccation d'un suc végétal d'une apparence toujours laiteuse, constitué par un liquide aqueux tenant en suspension une résine seule ou accompagnée d'une essence. L'eau s'évapore à l'air ou au soleil, et il reste, à l'état solide, une résine associée à des matières gommeuses.

La gomme-gutte est parmi les gommes résines la seule qui ait un emploi industriel. L'encens, la myrrhe, l'assa fœtida, la gomme ammoniaque, le galbanum, le sagapenum, la scammonée sont des substances médicinales.

Gomme-gutte.— C'est une matière solide d'un jaune fauve, d'une cassure conchoïdale très-unie. Lorsqu'on passe la langue humide sur sa surface, il s'y forme une émulsion d'un beau jaune d'or. Elle est inodore, d'une saveur lente à se développer, mais qui devient âcre à la gorge. Sa poudre est d'un jaune pur ayant beaucoup d'éclat. La belle qualité est sous forme de cylindres de 6 à 10 cent. de longueur, et de 4 à 5 de largeur, avec ou sans cavités dans leur milieu. Les morceaux irréguliers sont moins purs.

La gomme-gutte découle par des incisions qu'on fait au *stalagmitis cambogioides*, arbre indigène du royaume de Siam, de Camboge et de Ceylan. La forme de cylindres est due à ce qu'on reçoit le suc jaune de l'arbre dans des tuyaux en bambou et qu'on l'y laisse sécher. Les cavités de ces cylindres viennent du retrait que la matière éprouve pendant sa dessiccation.

L'alcool dissout entièrement la résine et laisse pour résidu la substance gommeuse dans l'eau. La résine se dissout dans les alcalis et joue le rôle d'acide dans la fabrication de certains vernis.

La gomme-gutte est employée en peinture et comme purgatif en médecine.

E. MENIER.

CHAPITRE IV. — ESSENCES ARTIFICIELLES.

L'étude des composés si nombreux de la chimie organique, et surtout des éthers fournis par l'alcool et l'huile de pommes de terre, a produit, dans ces dernières années, un résultat industriel aussi curieux qu'intéressant au point de vue de ses applications. En effet, tandis que, d'un côté, l'analyse chimique retrouvait dans la composition de quelques parfums de véritables éthers organiques, la synthèse, d'un autre côté, réalisant la production directe de ces mêmes éthers, apprenait au chimiste à les préparer dans un état de pureté tel qu'il fût facile de les confondre, par leurs propriétés physiques, et notamment par leurs qualités odorantes, avec les parfums naturels.

De cette double découverte est née peu à peu une industrie qui, depuis quelque temps, a acquis, en France, en Angleterre et surtout en Allemagne, une importance considérable. Elle se propose de fabriquer des liqueurs, souvent complexes dans leur composition, qui, dissoutes dans une certaine quantité d'alcool très-pur, sont connues sous le nom d'*essences artificielles*. On peut ainsi préparer des composés qui communiquent aux alcools ordinaires l'odeur, mais non les qualités, de l'eau-de-vie et du rhum, et d'autres qui, très-employés aujourd'hui dans la confiserie, possèdent le goût de l'ananas, de la fraise, de la framboise, de la poire, de la pomme, etc. On doit aussi considérer, mais au point de vue commercial seulement, la nitro-benzine comme une essence artificielle. Ce produit tout différent, par sa constitution chimique, de ceux que nous venons de citer, et connu sous le nom d'essence de mirbane, est très-recherché aujourd'hui, d'un côté, par la parfumerie qui utilise sur une grande échelle l'odeur d'amandes amères qu'elle possède ; d'un autre côté, par la fabrication des produits tinctoriaux qui en fait le point de départ de la préparation de l'aniline et, par suite, des matières colorantes rouges, violettes et bleues, désignées sous le nom de fuchsine, azaléine, indisine, etc.

La préparation de la plupart de ces produits est tenue secrète

par les fabricants; cependant nous avons pu réunir, grâce aux recherches faites en Angleterre par M. Hoffmann, et à la complaisance de quelques industriels, un certain nombre de renseignements qui pourront guider ceux de nos lecteurs qui désireraient s'occuper de cette question.

ESSENCE DE COGNAC ET DE VIN.

La substance employée sous ce nom est un mélange généralement assez complexe de divers éthers de la série éthylique, mais dont les qualités odorantes paraissent dues spécialement à la présence de l'éther pélargonique. Deux méthodes peuvent être mises en usage pour la préparer : la première fournit de l'éther pélargonique presque pur, l'autre ne donne que des mélanges à composition très-variable et dont les qualités paraissent inférieures.

Dans le premier cas, l'essence fournie par la distillation du *ruta graveolens*, et connue dans le commerce sous le nom d'essence de rue, est le point de départ des opérations. Traitée par l'acide azotique, cette essence se transforme en acide pélargonique dont l'éthérification ne présente plus ensuite de difficultés. La préparation se divise donc en deux phases distinctes.

On introduit, dans une cornue de grandes dimensions, parties égales d'essence de rue et d'acide nitrique étendu de son volume d'eau, puis on chauffe très-légèrement. La réaction ne tarde pas à se mettre en marche, des vapeurs rutilantes se dégagent en abondance; aussitôt que cet effet se manifeste, on enlève le petit nombre de charbons que l'on avait disposés sous l'appareil; sans cette précaution; la violence de la réaction pourrait entraîner la matière hors du vase. Lorsque le dégagement de vapeurs nitreuses et, par suite, l'attaque de l'essence ont diminué d'intensité, on porte à l'ébullition le liquide que renferme la cornue, et l'on continue cette opération en cohobant fréquemment jusqu'à ce que le dégagement de vapeurs rutilantes soit insignifiant. On arrête alors, et l'on recueille l'huile qui surnage la solution acide et qui n'est autre que de l'acide pélargonique impur formé par l'oxydation de l'essence. Avant de procéder à l'éthérification, il est nécessaire de purifier ce produit; dans ce but, on traite l'acide pélargonique brut par une solution de potasse qui le dissout, en laissant insoluble une huile non acide, d'une amertume excessive; le pélargonate de potasse décomposé ensuite, en ajoutant peu à peu de l'acide sulfurique jusqu'à saturation, fournit de

l'acide pélargonique qu'il suffit de laver modérément à l'eau pour l'obtenir dans un état suffisant de pureté.

Pour éthérifier cet acide pélargonique, on le dissout dans l'alcool concentré, et l'on dirige à travers cette solution un courant de gaz acide chlorhydrique sec ; la liqueur se trouble, et bientôt l'on voit remonter à la surface des gouttes huileuses qui finissent par former une couche d'éther pélargonique, incolore ou légèrement jaunâtre, et doué d'une odeur qui rappelle à la fois celle des éthers butyrique, caprique, etc.

Dans le deuxième cas, c'est à l'oxydation des corps gras que l'on demande les acides dont les éthers doivent rappeler plus tard l'odeur du vin et de l'eau-de-vie. Lorsqu'on soumet à l'action de l'acide nitrique concentré des corps gras neutres ou acides, deux sortes de produits prennent naissance, d'une part des acides non volatils qui, tels que les acides pimelique, adipique, laurique, etc., restent dans la solution ; d'une autre, des acides volatils qui passent à la distillation, dont les principaux sont les acides butyrique, valérianique, caprique, caproïque, caprylique, œnanthylique, etc., et parmi lesquels figure également l'acide pélargonique.

On utilise cette réaction de la manière suivante : on prend un corps gras quelconque, solide ou liquide ; l'acide oléique est un de ceux qui réussissent le mieux ; on place ce corps gras avec huit ou dix fois son volume d'acide nitrique concentré dans une cornue, comme nous l'avons indiqué ci-dessus, puis on chauffe avec les mêmes précautions. Plus l'acide est concentré, plus la proportion d'acide pélargonique formé est considérable. On continue l'opération en cohobant fréquemment jusqu'à ce que toute matière grasse ait disparu de la cornue par suite de l'oxydation. Le produit contenu dans le récipient est alors composé d'acide nitrique qui a échappé à la réduction, et d'une couche huileuse d'acides volatils qu'on lave simplement à deux ou trois eaux et que l'on soumet ensuite à l'éthérification de la même manière que l'acide pélargonique fourni par l'essence de rue.

On emploie aussi quelquefois, pour aromatiser l'alcool, le produit que l'on obtient en éthérifiant l'acide cocinique extrait de l'huile de coco. Pour préparer ce composé, on saponifie l'huile de coco par une lessive de potasse d'une densité de 1,12 environ; on décompose le savon par l'acide chlorhydrique ; puis on soumet le produit mou ainsi séparé, à l'action de la presse, pour enlever l'acide oléique. L'acide cocinique, fourni par la pression, est ensuite dissous dans l'alcool, et traité à chaud par un courant d'acide

chlorhydrique sec. On obtient de cette façon un liquide légèrement jaunâtre, doué d'une odeur pénétrante qu'on lave à l'eau, puis avec une solution faible de carbonate de soude et qui est formé d'éther cocinique presque pur.

Ces divers produits ne se rencontrent jamais dans le commerce qu'en solution dans l'alcool auquel on les ajoute généralement dans la proportion de 10 pour 100 environ. Du reste, il est facile d'évaluer la richesse d'une de ces liqueurs en essences artificielles ; celles-ci, en effet, sont toutes moins volatiles que l'alcool, de telle sorte qu'en les distillant au thermomètre, et ne recueillant que les produits qui passent avant 80 ou 85°, on obtient dans le récipient tout l'alcool, et dans la cornue toute l'essence qu'il renfermait.

ESSENCE DE RHUM, DE FRAISES, D'ANANAS, ETC.

L'éther butyrique joue dans la confection des essences artificielles un rôle considérable; à l'état pur, il possède franchement l'odeur fine de l'ananas; et il est facile, par l'emploi additionnel des alcools de vin et de pommes de terre, de modifier cette odeur et de la changer en celle de la fraise, de la framboise, etc.; moins pur et mélangé avec les éthers qui l'accompagnent lorsqu'il est tiré des corps gras naturels, tels que le beurre, il peut être employé avec succès pour aromatiser les rhums de mauvaise qualité.

Deux méthodes sont mises en pratique pour la préparation de ce composé : la première, qui fournit un produit plus pur, utilise l'acide butyrique fourni par la fermentation du sucre ; la seconde s'adresse directement aux composés fournis par la saponification du beurre.

Pour suivre la première méthode, on fait une dissolution de mélasse qu'on amène à 10° au pèse-sirop ; on mélange à cette solution du fromage blanc dans la proportion de 10 pour 100 et de la craie pulvérisée dans la proportion de 30 pour 100 de mélasse. Lorsque le mélange est parfait, on l'abandonne à une température de 25 à 30° cent. La fermentation s'établit doucement dans l'intérieur de la masse, et lorsqu'au bout de six semaines, tout dégagement de gaz a cessé, elle est terminée. On ajoute alors au mélange un volume d'eau froide égal au sien, puis du carbonate de soude cristallisé dans la proportion de 130 pour 100 du poids du sucre. On filtre alors pour séparer le carbonate de chaux formé; on évapore la liqueur filtrée au sixième de son volume, et on y ajoute jusqu'à saturation complète de l'acide sulfurique étendu.

L'acide butyrique se sépare et remonte à la surface sous la forme d'un liquide qu'on décante au moyen d'un siphon; mais comme la liqueur en renferme encore une certaine quantité, on la distille jusqu'à ce qu'un quart ait passé à la distillation. En ajoutant à la liqueur distillée du chlorure de calcium fondu, on obtient une nouvelle quantité d'acide butyrique que l'on joint à la première. Ces deux quantités réunies sont saturées par du carbonate de soude; on décompose encore par l'acide sulfurique, on dessèche par le chlorure de calcium, puis on distille. On obtient ainsi de l'acide butyrique presque pur, dont le poids doit être environ le tiers du poids du sucre employé.

Pour préparer avec ce corps l'éther butyrique ou essence d'ananas, on mélange parties égales d'alcool absolu et d'acide butyrique auxquelles on ajoute une petite quantité d'acide sulfurique. Les meilleures proportions sont : 500 grammes d'alcool, 500 grammes d'acide butyrique et 15 grammes d'acide sulfurique. Le mélange est chauffé pendant quelques minutes, et l'on voit l'éther butyrique venir former une couche à la surface du liquide. On ajoute alors un égal volume d'eau, on enlève la couche supérieure et on distille la liqueur restante qui fournit une nouvelle quantité d'éther. Les deux quantités réunies sont agitées avec une solution alcaline faible qui enlève l'acide libre. Il faut être réservé dans les lavages, parce que l'éther est sensiblement soluble dans l'eau.

La seconde méthode est loin de fournir un produit pur; l'éther butyrique que l'on prépare par ce moyen est toujours mélangé d'éthers caprique, caproïque, etc. Pour la pratiquer, on saponifie le beurre frais par une solution de potasse d'une densité égale à 1,12 environ; le savon ainsi obtenu est dissous dans l'alcool concentré; à cette solution, on ajoute un excès d'acide sulfurique concentré, et l'on soumet le tout à la distillation. On obtient ainsi un mélange d'éthers parmi lesquels l'éther butyrique prédomine et que l'on purifie en suivant la marche qui vient d'être indiquée.

L'essence d'ananas commerciale se prépare généralement en dissolvant 1 litre d'éther butyrique dans 8 à 10 litres d'esprit-de-vin pur; quelquefois aussi, on le dissout dans de l'eau-de-vie ordinaire.

ESSENCE DE POIRES.

Cette essence s'obtient en dissolvant dans l'alcool l'éther acétique de l'huile de pommes de terre.

L'huile brute de pommes de terre ne saurait convenir à la préparation de ce produit, il faut d'abord la purifier; dans ce but, on l'agite avec une solution alcaline étendue, puis on la distille avec soin et l'on recueille les portions passant entre 100 et 112°. L'éthérification a lieu ensuite de la manière suivante : on prend 1 partie d'huile de pommes de terre purifiée, 1 1/2 d'acétate de soude fondu et 1 à 1 1/2 d'acide sulfurique. Le tout, bien mélangé, est maintenu à une douce chaleur pendant quelques heures. On ajoute ensuite de l'eau à la liqueur; l'éther acétique qui y est insoluble se sépare, on le recueille, on distille la liqueur restante qui en fournit une nouvelle quantité, puis on lave soigneusement le produit, d'abord avec une solution faible de carbonate de soude, puis avec de l'eau pure.

Si l'on mêle ensemble 15 parties en poids de cet éther, 1 partie 1/2 d'éther acétique de l'alcool et 100 à 120 parties d'esprit-de-vin, on obtient une essence parfaite qui donne aux substances, auxquelles on la mélange, le parfum de la poire de bergamote.

ESSENCE DE POMMES.

Sous le nom d'essence de pommes, on désigne une solution alcoolique d'éther valérianique de l'huile de pommes de terre. Quelquefois on prépare simplement ce produit en soumettant à la distillation l'huile brute de pommes de terre en présence de l'acide sulfurique et du chromate de potasse; mais l'on n'obtient ainsi qu'une petite quantité d'un éther très-impur, mélangé d'une grande quantité d'alcool amylique, et, pour obtenir une substance de bonne qualité, il est préférable d'opérer par une méthode rationnelle consistant à isoler l'acide valérianique pour l'éthérifier dans une deuxième opération.

Pour préparer l'acide valérianique, on prend 1 partie d'huile de pommes de terre purifiée, on la mélange, petit à petit et avec précaution, avec 3 parties d'acide sulfurique, puis on ajoute 2 parties d'eau. On chauffe, en même temps, dans une cornue tubulée, une solution de 2 parties 1/4 de bichromate de potasse dans 4 1/2 d'eau; on introduit ensuite, tout doucement et par petites portions, le premier liquide, de manière à maintenir une douce ébullition dans la cornue. Le liquide distillé est saturé avec du carbonate de soude et évaporé à siccité pour obtenir du valérianate de soude. C'est ce sel que l'on emploie directement à la production de l'éther.

Dans ce but, on prend 1 partie en poids d'huile de pommes de

terre, qu'on mélange, avec précaution, avec une quantité égale d'acide sulfurique ; on ajoute 1 partie 1/2 de valérianate de soude bien sec, et l'on maintient quelque temps la liqueur au bain-marie en ayant soin de ne pas trop élever la température. En ajoutant de l'eau, l'éther se sépare ; on le purifie de la même manière que les composés précédents.

Lorsqu'on étend cet éther de cinq à six fois son volume d'alcool, on obtient un produit qui prend une odeur de pomme très-agréable.

ESSENCE DE MIRBANE.

Ce produit, que l'on désigne encore quelquefois dans le commerce sous le nom d'huile artificielle d'amandes amères, n'appartient plus à la série des éthers ; c'est un composé d'un tout autre ordre. L'essence de mirbane, en effet, provient de l'action de l'acide nitrique sur la benzine, et les chimistes la désignent sous le nom de *nitro-benzine.* C'est aux recherches de M. Hoffmann qu'est due la découverte de la présence de la benzine parmi les carbures d'hydrogène si nombreux qui composent l'huile légère de houille, et c'est à partir de cette époque (1849) que la nitro-benzine est devenue, grâce aux travaux de M. Mansfield, un produit commercial.

La première méthode suivie en Angleterre pour la préparation de cette essence a été imaginée par M. Mansfield. Son appareil consiste en un large tube de verre ou de grès ayant la forme d'un serpentin ; à sa partie supérieure, il se bifurque, et chacune de ses branches porte un entonnoir. Un filet d'acide nitrique concentré coule lentement par l'un de ces entonnoirs; l'autre reçoit la benzine. Les deux liquides se rencontrent à la bifurcation, et l'attaque s'opère avec dégagement de chaleur. En suivant le serpentin, la nitro-benzine se refroidit ; on la recueille, à l'orifice inférieur, mélangée avec une certaine quantité d'acide nitrique en excès.

Aujourd'hui, les fabricants de nitro-benzine opèrent, en général, d'une manière plus simple ; l'attaque de la matière a lieu tantôt dans des vases ouverts, tantôt dans une série de tourilles disposées à la suite les unes des autres, comme celles que nous avons décrites pour la fabrication de l'acide picrique (voy. *Acides végétaux,* ACI), et destinées, comme celles-ci à la condensation des composés nitreux. On place dans de grandes terrines en grès ou dans les tourilles dont nous venons de parler de l'acide nitrique

fumant, puis on verse peu à peu, dans celui-ci, en agitant constamment, l'huile de houille ou benzine commerciale que l'on veut attaquer. Celle-ci doit avoir été choisie avec soin, parmi les huiles légères, de manière qu'elle renferme la plus grande proportion possible de benzine réelle, et, dans tous les cas, son point d'ébullition doit toujours être inférieur à 100°. La proportion d'acide nitrique fumant diffère suivant la qualité de l'huile; elle ne saurait être déterminée *à priori* d'une manière exacte; mais l'expérience apprend que l'addition de la benzine doit être continuée jusqu'à ce que la solution chaude de nitrobenzine dans l'acide nitrique en excès marque 24 à 25° au pèse-acide. A chaque addition d'huile, l'attaque se produit avec énergie et la masse se boursoufle en dégageant de grandes quantités de vapeurs nitreuses; aussi faut-il avoir soin d'attendre que l'ébullition se soit calmée, et que la température causée par la réaction se soit abaissée avant de faire une addition nouvelle de matière. On continue ainsi jusqu'à ce que toute l'huile légère de houille ait été employée; on laisse alors refroidir; la nitro-benzine se sépare peu à peu, et pour rendre sa séparation plus complète, on ajoute au liquide une quantité d'eau égale à cinq ou six fois son volume.

Lorsque la nitro-benzine est ainsi déposée, on enlève le liquide qui la surnage, et pour la purifier et la débarrasser de l'excès d'acide, on la lave d'abord à l'eau, puis avec une solution faible de carbonate de soude, et enfin une dernière fois avec de l'eau.

L'essence de mirbane ainsi préparée est directement livrée au commerce sous cet état lorsqu'elle doit servir à la préparation de l'aniline, etc.; mais lorsqu'elle est destinée à la parfumerie, elle doit subir une rectification préalable. Celle-ci a lieu quelquefois dans un alambic ordinaire en cuivre chauffé à feu nu; mais cette manière d'opérer présente de graves dangers par suite de l'inflammabilité de la nitro-benzine et de la température élevée (243°) qu'exige sa volatilisation; aussi préfère-t-on, en général, distiller le produit à une température inférieure à celle de son point d'ébullition, au moyen d'un courant de vapeur d'eau qui, arrivant dans l'alambic, par un serpentin percé de trous, barbote dans le liquide et entraîne dans le réfrigérant, d'une manière mécanique, la nitro-benzine que ce liquide renferme.

AIMÉ GIRARD.

ÉTHER ET CHLOROFORME

CHAPITRE I.—ÉTHER.

PRINCIPES DE LA FABRICATION DE L'ÉTHER.

Connu des alchimistes, employé par la médecine dès le XVIe siècle, l'éther est resté pendant longtemps confiné dans le laboratoire du chimiste ou l'officine du pharmacien, et c'est seulement depuis quelques années qu'il est devenu un produit véritablement industriel. Aujourd'hui, l'éther est fabriqué sur une grande échelle en France, en Angleterre et en Allemagne, et si le nombre des fabriques qui le produisent est restreint (la France n'en compte que trois : une dans le département du Nord, deux dans l'Hérault), celles-ci n'en possèdent pas moins une importance réelle par suite du prix élevé de la substance qu'elles produisent.

Ainsi que l'apprennent les *Notions* élémentaires de chimie, l'éther dérive de l'alcool par une réaction susceptible de diverses interprétations, mais d'une grande simplicité dans l'expression du résultat final. L'inspection des formules de ces deux corps suffit, en effet, pour montrer comment, privé des éléments d'un équivalent d'eau, l'alcool se transforme en éther.

$$\underbrace{C^4H^6O^2}_{\text{Alcool.}} - HO = \underbrace{C^4H^5O.}_{\text{Éther.}}$$

Cette déshydratation de l'alcool peut se produire d'un grand nombre de manières : la seule que connussent les anciens chimistes, la seule qui, aujourd'hui encore, soit employée d'une manière pratique, consiste à soumettre l'alcool à l'action d'une quantité calculée d'acide sulfurique concentré ; mais d'autres acides énergiques, tels que les acides phosphorique et arsénique, peuvent produire le même effet ; certains sels haloïdes, tous avides d'eau, le fluorure de bore, le chlorure d'étain, le chlorure de zinc, etc., sont également susceptibles d'éthérifier l'alcool ; enfin on peut même arriver à deshydrater l'alcool en le chauffant pendant plusieurs heures en vase clos, en présence d'acides dilués ou de certains sels, tels que l'iodure de mercure et les sulfates terreux.

On a cru pendant longtemps que la transformation de l'alcool ı éther était due à l'affinité spéciale et énergique que manifes- :nt, vis-à-vis de l'eau, les corps employés à sa production. La ature de ceux-ci, au premier rang desquels il faut placer l'acide ılfurique et le chlorure de zinc, rendait d'ailleurs cette opinion ırt plausible. Une étude plus approfondie des phénomènes vint lus tard démontrer l'inexactitude de cette théorie; elle permit э constater que pendant la production de l'éther, on voyait à ›té de ce corps, distiller une quantité d'eau équivalente, de telle ›rte qu'il devenait impossible d'admettre qu'une absorption di- :cte de l'eau pût s'effectuer en présence de vapeurs aqueuses bres. On eut alors recours à l'explication qui sert, en dernier :ssort, pour les phénomènes dont la chimie ne possède pas en- ›re la clef, et l'on attribua la formation de l'éther à une action ıtalytique. Dans ces dernières années, grâce aux travaux de . Williamson, cette intéressante question s'est montrée sous un ›ur tout nouveau, et l'on peut aujourd'hui formuler en une ıéorie exacte la production de l'éther au moyen de l'alcool. La ścouverte des éthers mixtes lui a permis, en effet, d'établir que, ıns le cours de cette production, deux réactions différentes se ıccédaient : la première, entre l'acide sulfurique et l'alcool, en- эndrant de l'acide éthylsulfurique et de l'eau :

$$\underbrace{2(SO^3,HO)}_{\text{Acide sulfurique.}} + \underbrace{C^4H^6O^2}_{\text{Alcool.}} = \underbrace{(C^4H^5O)HO,2SO^3}_{\text{Acide éthylsulfurique.}} + \underbrace{2HO.}_{\text{Eau.}}$$

. seconde, entre cet acide éthylsulfurique et une nouvelle molé- ıle d'alcool, engendrant ainsi de l'éther et régénérant l'acide ılfurique primitivement employé :

$$\underbrace{(C^4H^5O)HO,2SO^3}_{\text{Acide éthylsulfurique.}} + \underbrace{C^4H^6O^2}_{\text{Alcool.}} = \underbrace{2(C^4H^5O)}_{\text{Ether.}} + \underbrace{2(SO^3,HO.}_{\text{Acide sulfurique.}}$$

э telle sorte que l'acide sulfurique ainsi régénéré peut réagir ır une nouvelle quantité d'alcool et servir, *en théorie du moins,* une manière indéfinie à la production de l'éther. La théorie de . Williamson présente une importance d'autant plus grande ı'elle permet d'expliquer la marche continue des opérations lles que les pratique l'industrie et que nous les décrirons bien- t. Elle est d'ailleurs applicable à l'éthérification au moyen d'un ide quelconque.

Quant à la production de l'éther au moyen des sels, sa théorie э doit pas nous arrêter longtemps, car la pratique n'en a point

pénétré dans l'industrie. Disons seulement qu'elle paraît due à la décomposition, sous l'influence de la chaleur, des combinaisons que ces sels peuvent contracter avec l'alcool.

Ainsi que nous venons de l'indiquer, c'est toujours à l'acide sulfurique monohydraté que l'industrie s'adresse pour la production de l'éther. Dans un vase convenable, on place une quantité déterminée d'acide sulfurique; puis, lorsque celui-ci a été amené à une température déterminée, on y fait arriver d'une manière continue une quantité relativement considérable d'alcool. Celui-ci s'éthérifie, et le produit formé vient se condenser dans des appareils spéciaux. On ne saurait cependant faire arriver de l'alcool d'une manière indéfinie sur une quantité donnée d'acide sulfurique; en effet, lorsque celui-ci a servi pendant un certain temps, la formation du produit principal se complique de celle de divers produits accessoires; à côté de l'éther se développent l'huile de vin, l'acide sulfureux, etc.; aussi est-on forcé de renouveler l'acide lorsqu'il a servi à l'éthérification d'une certaine quantité d'alcool que détermine l'expérience. La température doit être maintenue, aussi exactement que possible, au point d'ébullition du mélange; sans cette précaution, les mêmes produits que nous venons d'indiquer se forment aux dépens de l'éther, et le mélange se charbonne en dégageant, à côté de l'acide sulfureux, une certaine quantité d'hydrogène carboné.

Telles sont les difficultés principales que présente la fabrication de l'éther; si l'on y ajoute la nécessité de choisir toujours des alcools d'un goût excellent, et les dangers constants d'incendie auxquels expose le maniement de matières aussi inflammables que l'alcool et l'éther, on reconnaîtra sans peine que cette industrie est l'une des plus délicates qui se puissent rencontrer parmi celles qui ont pour but la fabrication des produits chimiques.

APPAREILS DE PRODUCTION ET DE CONDENSATION.

Les conditions de la fabrication de l'éther ont été précisées avec le plus grand soin par Polydore Boullay, et la méthode qu'il a décrite, suivie aujourd'hui encore dans les laboratoires, a servi également de point de départ aux installations industrielles que nous devons décrire.

L'opération, d'après Boullay, doit être conduite de la manière suivante : Dans un bain de sable chauffé par un fourneau dont l'opérateur surveille exactement la température, on place une *cornue* de verre spacieuse et tubulée; le col de cette cornue pé-

nètre, au moyen d'un bouchon soigneusement ajusté, dans une allonge en verre, qui vient se continuer par un serpentin en étain, disposé dans une caisse cylindrique en métal où circule

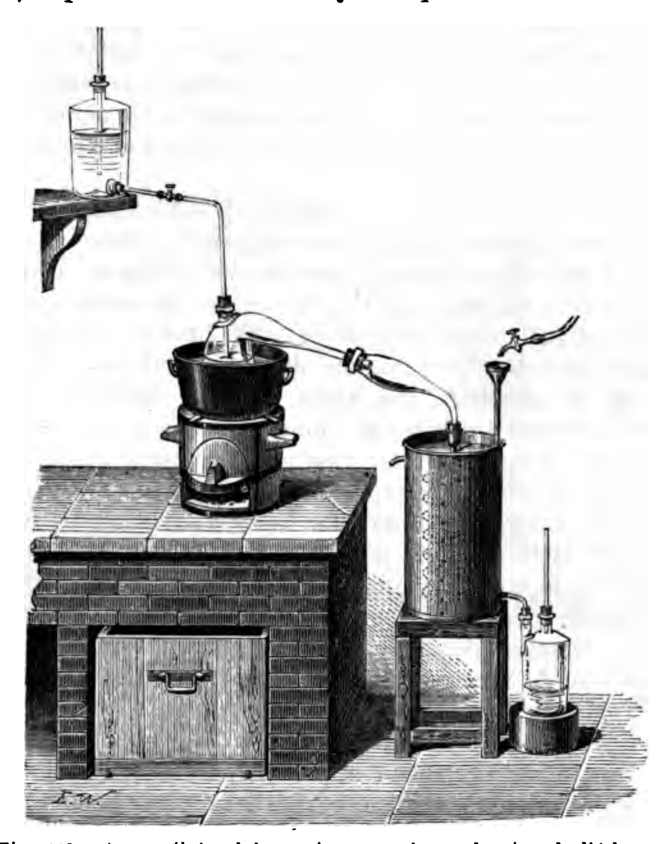


Fig. 346.—Appareil des laboratoires pour la production de l'éther.

un courant d'eau froide. L'extrémité de ce serpentin débouche dans un flacon en verre destiné à recueillir l'éther formé. On a préparé d'avance un mélange formé de 100 parties d'acide sulfurique concentré et d'alcool à 92° cent., en ayant soin d'ajouter peu à peu l'acide dans l'alcool et en évitant que la masse s'échauffe au delà de 50°. On remplit à moitié la cornue de ce mélange; puis on fixe dans la tubulure un tube de verre dont l'une des extrémités, effilée en pointe, plonge dans le liquide, tandis que l'autre se relie à un flacon de verre formant réservoir d'alcool. On chauffe alors le liquide; la réaction se produit, et bientôt l'éther

formé distille en entraînant une certaine proportion d'eau et d'alcool ; lorsque le mélange est ainsi franchement en ébullition, on ouvre le robinet du réservoir d'alcool, et l'on règle l'écoulement de celui-ci, de manière à conserver, autant que possible, au liquide en ébullition le même niveau ; grâce au maintien sévère de cette condition, la concentration du mélange ne change pas, et l'on n'a pas à craindre de voir la masse se charbonner et l'éther être remplacé par un mélange d'acide sulfureux et d'hydrogène carboné.

La fabrication de l'éther est conduite, dans l'industrie, d'après des données identiques ; la forme des appareils, leurs dimensions diffèrent seules de celles que nous venons d'indiquer. Dans une assise en briques, rappelant la paillasse des laboratoires, on dispose des chaudières en fonte de 70 à 100 litres de capacité ; sur la paroi intérieure de chacune de ces chaudières s'applique un vase de plomb E, qui, après en avoir épousé la forme, s'élève au-dessus du fourneau comme le chapiteau d'une cornue, de manière à constituer un vase soigneusement clos de toute part, et dont la forme ne saurait être mieux comparée qu'à celle d'une poire. Au sommet de cette espèce d'alambic est soudé un tube vertical en plomb K, qui porte en R un raccordement permettant de le séparer en deux parties, et d'opérer le nettoyage de la partie inférieure où quelquefois s'accumule une certaine quantité de sulfate de plomb. Ce tuyau, après s'être prolongé sur une hauteur de 3 mètres environ, se recourbe à angle droit pour aller rejoindre les appareils de condensation ; il sert au départ des vapeurs éthérées. A droite et à gauche de chaque alambic s'élèvent deux tuyaux également en plomb T, T′, mais d'un diamètre plus faible, qui, après s'être recourbés deux fois de manière à former siphon, pénètrent dans l'alambic, au fond duquel ils se recourbent comme des serpentins ; ces tuyaux, qui s'appuient contre la paroi intérieure de l'alambic, sont percés, dans la partie inférieure qui contourne le fond de celui-ci, de petits trous de 5 millimètres de diamètre. A la partie supérieure, chacun des tuyaux T, T′ se termine par un petit entonnoir en plomb destiné à recevoir l'alcool qui s'écoule des estagnons F, F, et dont on règle l'écoulement au moyen de robinets. Enfin, près de la surface du fourneau, pénètrent des tuyaux amenant d'un générateur spécial la vapeur surchauffée destinée à mettre le mélange en réaction.

L'opération est, dans cet appareil, conduite de la manière suivante : Dans chaque alambic on introduit 40 litres d'alcool à

95° cent.; on ajoute à ceux-ci, peu à peu, et en cinq ou six fois, 37 kilogrammes d'acide sulfurique à 66°, en évitant, chaque fois, que la température s'élève outre mesure, puis on laisse refroidir le mélange pendant une journée entière; le lendemain, on introduit la vapeur, et bientôt la réaction commence, ce qu'il est aisé de reconnaître au dégagement des gaz dans l'éprouvette à pied E,

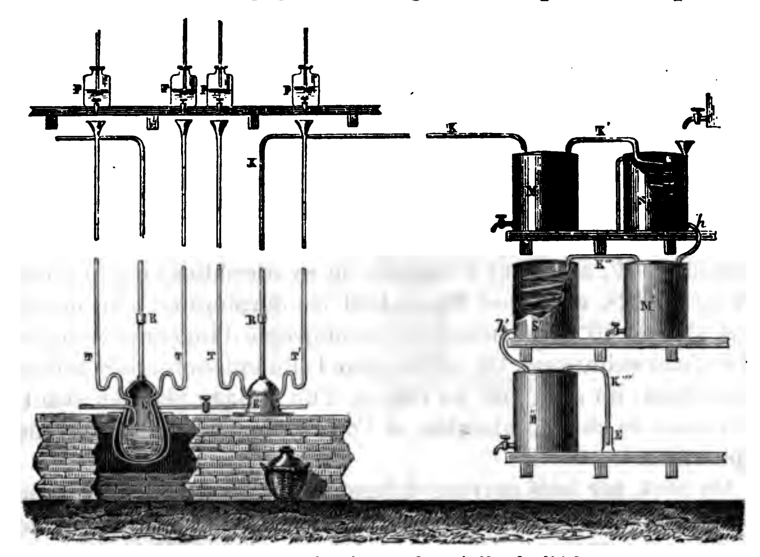


Fig. 347.—Fabrication industrielle de l'éther.

placée à l'extrémité de l'appareil. Aussitôt que ce phénomène se manifeste, on commence à alimenter au moyen des estagnons F, et l'éther formé vient se déposer dans l'appareil de condensation.

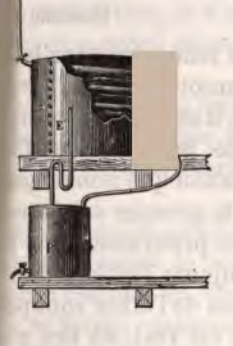
Celui-ci est composé d'abord d'un manchon en cuivre M, d'une capacité de 60 litres environ, dans lequel s'arrêtent les produits les moins volatils, les huiles de vin, de l'alcool acide, etc., et aussi un peu d'éther; mais la presque totalité de ce corps, moins facilement condensable, se rend, au sortir de M, par le tuyau K′ dans le serpentin refroidi S, pour de là s'écouler dans le manchon M′. Les dernières portions d'éther qui ont échappé à l'action réfrigérante du serpentin S, et qui ne sont pas encore condensées, repassent ensuite par le tuyau K″ dans un deuxième serpentin S′ où elles se condensent, et de là dans le manchon M″ où elles sont recueillies. L'expérience démontre, du reste, que l'emploi de cette dernière portion de l'appareil condensateur n'est pas indispensable, et que la plus grande partie de l'éther est arrêtée en M′.

formé distille en entraînant une certa
d'alcool ; lorsque le mélange est ainsi fr
on ouvre le robinet du réservoir d'alco
ment de celui-ci, de manière à conserver
liquide en ébullition le même niveau ; g
de cette condition, la concentration du
et l'on n'a pas à craindre de voir la masse
être remplacé par un mélange d'acide s
carboné.

La fabrication de l'éther est conduite, d
des données identiques ; la forme des app
diffèrent seules de celles que nous venon
assise en briques, rappelant la paillasse d
pose des chaudières en fonte de 70 à 100
la paroi intérieure de chacune de ces
un vase de plomb E, qui, après en a
s'élève au-dessus du fourneau comme le c
de manière à constituer un vase soigne
part, et dont la forme ne saurait être mie
d'une poire. Au sommet de cette espèce
tube vertical en plomb K, qui porte en l
mettant de le séparer en deux parties, e
de la partie inférieure où quelquefois s'
quantité de sulfate de plomb. Ce tuyau, a
une hauteur de 3 mètres environ, se reco
aller rejoindre les appareils de condens
des vapeurs éthérées. A droite et à gauche
vent deux tuyaux également en plomb T,
plus faible, qui, après s'être recourbés de
mer siphon, pénètrent dans l'alambic, a
courbent comme des serpentins ; ces tuya
la paroi intérieure de l'alambic, sont per
rieure qui contourne le fond de celui-ci,
limètres de diamètre. A la partie supérie
T, T' se termine par un petit entonnoir
voir l'alcool qui s'écoule des estagnon
l'écoulement au moyen de robinets. Enfi
fourneau, pénètrent des tuyaux amenan
la vapeur surchauffée destinée à mettre l

L'opération est, dans cet appareil, con
vante : Dans chaque alambic on intro

grand nombre d'impuretés,
l'eau. Pour le purifier, on le
gnée, dans des appareils tels
portions les plus volatiles du
d'excellents résultats.
C s'emboîte une chaudière en
ar un espace vide dans lequel



rectification de l'éther.

it par le tuyau V. Cette chaudière
le premier, T, destiné à entraîner
le second, T′, recourbé en siphon
chaudière les produits les moins
colonne à tubes verticaux entourés
introduit dans la chaudière 150 li-
petite quantité de lait de chaux pour
is on fait arriver la vapeur en V.
n de l'eau se mettent en vapeurs, s'é-
t à la partie inférieure de la colonne.
r les tubes verticaux K, K′, et là,
roidies par le courant d'eau circu-
par le tuyau T′, retournent à la
gères se rendent dans un grand

Le tube K''' conduit dans une éprouvette E, à moitié remplie d'eau, les gaz qui accompagnent la réaction, et dont le dégagement fournit suivant sa plus ou moins grande abondance un excellent renseignement pour guider la marche de l'opération.

Dans les appareils que nous venons de décrire, une opération complète exige deux jours et demi de marche continue, et pendant ce temps, l'alimentation est conduite de telle façon que, dans chaque alambic, 70 litres par douze heures viennent se présenter à l'action de l'acide sulfurique que celui-ci renferme. Pendant les premiers moments de la réaction, la température ne dépasse pas 100° cent., mais, avec quelque soin que l'on règle l'alimentation, on ne saurait empêcher que l'acide sulfurique se concentre, et, vers la fin, la température s'élève presque jusqu'à 200°. Aussi, tandis que, dans les premiers moments, l'éther recueilli en M', au fur et à mesure de sa formation, marque 60° et même 62°, celui que fournissent les derniers ne marque-t-il pas plus de 40° et se trouve-t-il accompagné d'une grande quantité d'eau sulfureuse. On arrête alors l'alimentation après refroidissement ; on siphonne, au moyen d'un ajutage placé en avant, le résidu de chaque alambic, et l'on recommence une nouvelle opération.

On peut, par trois moyens différents, reconnaître si la marche de l'éthérification est satisfaisante ou défectueuse, et, dans ce dernier cas, déterminer le moyen de parer d'une manière immédiate aux accidents :

1° Si les tuyaux K s'échauffent, s'il se dégage des gaz en E, à l'extrémité de l'appareil, c'est que la proportion d'alcool est insuffisante; il faut alors diminuer la vapeur et augmenter l'alimentation ;

2° Si, au contraire, à l'extrémité de l'appareil, en M', on recueille de l'éther d'un degré trop faible, l'alimentation est trop rapide et il faut se hâter de la ralentir ;

3° Enfin, si les coudes des siphons s'échauffent, c'est que la marche de l'appareil est trop rapide ou qu'un engorgement s'est produit dans le tuyau K ; il faut alors, dans le premier cas, abaisser la température, et, dans le second, laisser complétement refroidir, pour démonter le tuyau K et nettoyer l'appareil.

RECTIFICATION DE L'ÉTHER.

L'éther recueilli aux diverses époques de l'opération précédente est loin d'être pur ; non-seulement son titre varie de 40°

à 62°, mais encore il renferme un grand nombre d'impuretés, dont les principales sont l'alcool et l'eau. Pour le purifier, on le soumet à une distillation très-soignée, dans des appareils tels que l'on puisse ne recueillir que les portions les plus volatiles du produit. L'appareil suivant fournit d'excellents résultats.

Dans une chaudière en tôle rivée C s'emboîte une chaudière en cuivre, séparée de la première par un espace vide dans lequel

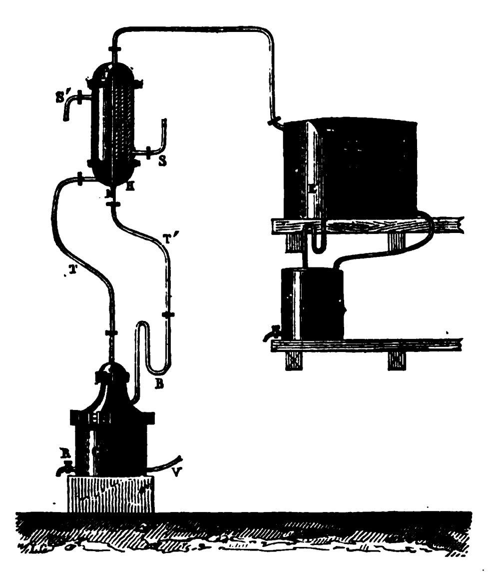


Fig. 348.—Appareil de rectification de l'éther.

peut circuler la vapeur arrivant par le tuyau V. Cette chaudière porte deux tuyaux en cuivre : le premier, T, destiné à entraîner les produits de la distillation ; le second, T', recourbé en siphon et destiné à ramener dans la chaudière les produits les moins volatils, condensés dans une colonne à tubes verticaux entourés d'un courant d'eau froide. On introduit dans la chaudière 150 litres de produits bruts et une petite quantité de lait de chaux pour saturer l'acide sulfureux, puis on fait arriver la vapeur en V. L'éther, l'alcool et une portion de l'eau se mettent en vapeurs, s'élèvent par le tube T et arrivent à la partie inférieure de la colonne. Ces vapeurs montent alors par les tubes verticaux K, K', et là, les parties les plus lourdes, refroidies par le courant d'eau circulant de S en S', se déposent, et, par le tuyau T', retournent à la chaudière, tandis que les parties légères se rendent dans un grand

serpentin de cuivre disposé dans une cuve de tôle rivée E, où elles se condensent, pour de là s'écouler dans un estagnon de cuivre P où on les recueille directement.

Lorsque la distillation est achevée, on vidange la chaudière C par le robinet R, et l'on introduit le résidu dans une colonne ordinaire de distillation qui permet de recueillir, à la densité de 95°, tout l'alcool qui avait échappé à l'action de l'acide sulfurique et qui, ainsi recueilli, rentre immédiatement dans le travail.

USAGES DE L'ÉTHER.

L'éther se rencontre dans le commerce avec deux densités différentes : tantôt il marque 65°, tantôt 62° à l'aréomètre ; dans le premier cas, il est presque anhydre ; dans le second, au contraire, il est hydraté ; le premier est fourni directement par les appareils de concentration que nous venons de décrire ; le second s'obtient en coupant le premier soit avec de l'alcool, soit avec de l'eau ; il est donc bien préférable, dans les relations commerciales, de rechercher toujours l'éther à 65°.

Les emplois de l'éther sont peu nombreux mais importants ; la médecine, il est vrai, ne tire plus que rarement parti de ses propriétés anesthésiques et lui préfère le chloroforme, mais, par contre, la photographie en fait un emploi très-considérable pour la préparation de ses collodions, et la pharmacie, les travaux du laboratoire en consomment des quantités notables. La force expansive de la vapeur d'éther et la facilité de sa condensation ont fait également employer ce corps avec succès dans ces dernières années comme force motrice pour la locomotion maritime. Dans les machines construites d'après ce principe, on associe, en général, la force fournie par la vapeur d'eau à celle que produit la vapeur d'éther.

CHAPITRE II.—CHLOROFORME.

PRINCIPES DE LA FABRICATION DU CHLOROFORME.

La découverte du chloroforme (C^2HCl^3) remonte seulement à l'année 1831 ; elle fut faite presque simultanément par Soubeiran et M. Liebig, qui l'obtinrent en soumettant à l'action de l'hypochlorite de chaux l'alcool ou l'esprit de bois. Réservé exclusivement

ux travaux de laboratoire pour lesquels l'action dissolvante qu'il xerce sur les corps gras ou résineux le faisait rechercher, le hloroforme est devenu un produit industriel à partir de l'année 1847. C'est à cette époque, en effet, que Simpson d'Edimbourg en a proposé l'usage dans la pratique chirurgicale et a substitué l'emploi de ses propriétés anesthésiques à celles de l'éther dont, un an auparavant, Mortson et Jackson avaient tiré, aux États-Unis, un parti si remarquable. Depuis cette époque, diverses applications, d'une nature différente, sont venues se placer à côté de la précédente, et, grâce à ces emplois divers, ce n'est plus dans le laboratoire, mais bien dans l'usine que prend aujourd'hui naissance le chloroforme.

Cependant la production en est bien inférieure à celle de l'éther, et même on ne compte en France qu'une seule manufacture qui, située près de Lille (Nord), se livre à la fabrication de ce produit.

Le chloroforme prend naissance lorsqu'on soumet à l'action l'un lait de chlorure de chaux l'alcool, l'esprit de bois, ou même es carbures d'hydrogène tels que l'essence de térébenthine et elle des fruits des Hespérides; il se forme également quand on it passer du chlore dans une dissolution alcoolique de potasse, uand on traite du chloral par des alcalis aqueux, etc. Mais de utes ces réactions une seule est l'objet d'une pratique indusielle : c'est celle qui consiste à faire agir le chlorure de chaux ır l'alcool.

Cette réaction, d'ailleurs, est aussi complexe en théorie que décate à exécuter dans la pratique. On admet, en général, que la roduction du chloroforme a lieu, dans ce cas, par suite de deux éactions distinctes et successives : en premier lieu, au contact du hlorure de chaux et de l'alcool, il se produit du chloroforme, de acide formique, de l'eau et de l'acide chlorhydrique. La formule uivante, où le chlorure de chaux est représenté par son élément ssentiellement actif, l'acide hypochloreux, permet de se rendre ompte de ce phénomène :

$$\underbrace{C^4H^6O^2}_{\text{Alcool.}} + \underbrace{5ClO}_{\text{Acide hypochloreux.}} = \underbrace{C^2HCl^3}_{\text{Chloroforme.}} + \underbrace{C^2HO^3,2HO}_{\text{Acide formique hydraté.}} + 2ClH.$$

En second lieu, l'acide formique ainsi prod[illegible] ntrant un xcès de chlorure de chaux, est oxydé par [illegible] é en cides carbonique et chlorhydrique.

$$\underbrace{C^2HO^3,2HO}_{\text{Acide formique hydraté.}} + \underbrace{ClO}_{\text{Acide hypo-chloreux.}} = \underbrace{C^2O^4}_{\text{Acide carbo-nique.}} + ClH + 2HO.$$

Tandis que ce dernier sature la chaux que contenait l'hypochlorite terreux, l'acide carbonique se dégage en donnant lieu à une effervescence violente qui rend l'opération très-difficile à conduire.

APPAREILS DE PRODUCTION ET DE CONDENSATION.

C'est aux travaux de feu Soubeiran que l'on doit la connaissance des détails de manipulation nécessaires pour la production du chloroforme, et nous ne pouvons mieux faire que d'extraire d'un travail inédit, qu'il avait bien voulu nous remettre pour cet ouvrage, la description de l'appareil qu'il employait et l'exposition de la méthode dont il faisait usage :

« L'appareil dont je me sers est l'alambic ordinaire, mais à cucurbite plus haute. Il est placé sur une chappe en tôle, de manière à pouvoir, à volonté, remettre ou retirer le feu.

« La chape C est en tôle, armée de barres de fer qui lui donnen

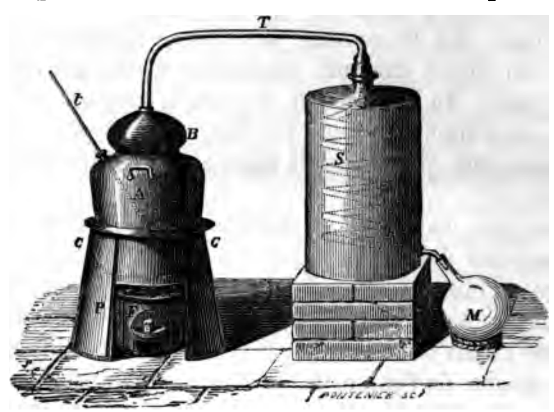


Fig. 349.—Appareil des laboratoires pour la production du chloroforme.

de la solidité. Elle s'ouvre, en avant, par une porte P qui permet d'entrer ou de sortir facilement un fourneau mobile F dans lequel on brûle du bois fendu. La cucurbite A est en cuivre épais, presque droite ; sa hauteur est de 70 centimètres ; sa largeur de 55 centimètres, et sa capacité est de 100 litres environ. Elle porte à 23 centimètres du fond un panache qui soutient la cucurbite sur la chape et défend la partie supérieure de l'action directe du feu.

« On met dans la cucurbite 40 litres d'eau; on y délaye 20 kilogrammes de chlorure de chaux et 6 kilogrammes de chaux éteinte; on ajoute 6 litres d'alcool à 86° cent. On adapte le chapiteau BT, et le serpentin S. On lute les jointures et l'on introduit par la tubulure de l'alambic un thermomètre *t* dont la tige traverse un bouchon, et qui est construit de telle manière que le 60ᵉ degré se trouve hors de l'alambic.

« On chauffe, et dès que le thermomètre marque 60°, on se hâte de retirer le feu. La température n'en continue pas moins à monter, et bientôt la distillation commence; à ce moment, elle demande toute l'attention de l'opérateur. Si elle s'active trop, il faut se hâter d'appliquer sur le chapiteau une toile mouillée que l'on arrose avec de l'eau froide et que l'on enlève quand la distillation se ralentit. Sans cette précaution, l'effervescence qui se produit dans l'appareil serait assez vive pour faire passer la matière dans le serpentin. Un peu plus tard, on remet le fourneau sous l'alambic et l'on distille jusqu'à ce que le produit, recueilli dans le ballon M, additionné d'eau, ne laisse plus déposer une couche lourde et insoluble de chloroforme. »

L'appareil employé dans l'industrie offre, avec celui qui vient d'être décrit, une grande analogie, mais les dimensions considérables qu'il est facile de lui donner permettent de faire varier, dans une certaine limite, les proportions relatives de l'alcool et du chlorure de chaux. Il se compose d'une chaudière en tôle rivée M de 2 mètres de hauteur environ, et formée de deux troncs de cône opposés base à base. Des clavettes permettent de serrer énergiquement l'un contre l'autre les rebords de chacun de ces troncs de cône, et de rendre, par suite, la fermeture hermétique. A la partie inférieure de cette sorte d'alambic pénètre un tuyau en plomb V formant serpentin de vapeur; un autre tuyau D est employé à la vidange de l'appareil. Dans le tronc de cône supérieur formant chapiteau est ménagé un trou d'homme H qui permet l'introduction et le mélange des matières. Un tuyau de plomb T, partant du sommet de ce chapiteau, entraîne les produits volatils dans un serpentin S, et de là dans un manchon R où le chloroforme, mélangé d'eau et d'alcool, vient se déposer après sa condensation en S. Ce manchon R porte un tube latéral en verre P destiné à permettre d'apprécier la hauteur du liquide qu'il renferme; un tube de caoutchouc placé à la partie inférieure, et facile à relever au-dessus du niveau du liquide en R, permet de recueillir celui-ci en F. Enfin des tuyaux en plomb T font commu-

niquer ce manchon R avec une série de trois ou quatre tourilles en grès K, K′ destinées à condenser les dernières portions de chloroforme qui auraient pu échapper à l'action réfrigérante du serpentin S.

Les proportions employées pour la production industrielle du

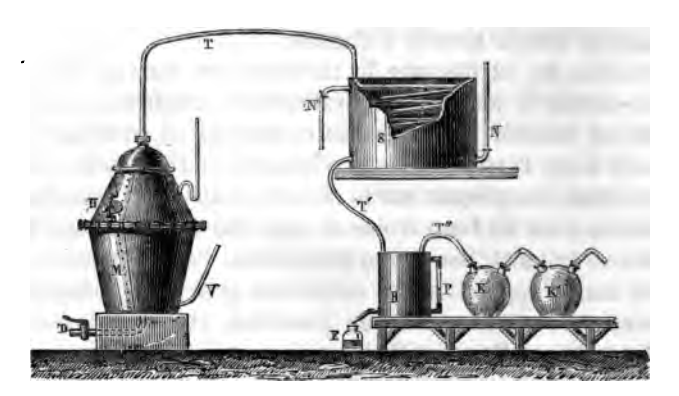


Fig. 350.—Fabrication industrielle du chloroforme.

chloroforme diffèrent de celles conseillées par Soubeiran, et l'expérience démontre qu'il est possible, en opérant en grand, de transformer en chloroforme, au moyen du chlorure de chaux, une quantité d'alcool double environ de celle qu'il soumettait à l'action de ce réactif. En effet, on réduit en pâte épaisse 40 kilogrammes de chlorure de chaux du degré chlorométrique le plus élevé possible, et pour délayer ce chlorure, au lieu de prendre de l'eau ordinaire, on emploie des liquides résidus provenant d'opérations précédentes et renfermant encore des traces de chloroforme ou d'alcool. A ces 40 kilogrammes de chlorure de chaux, on ajoute 30 kilogrammes de chaux éteinte sèche; celle-ci est destinée à saturer autant que possible l'acide carbonique qui se dégage avec violence au moment de la réaction, et par suite à diminuer l'effervescence. Cette pâte, une fois faite, on la verse dans l'alambic M, par le trou d'homme, puis on y ajoute 25 litres d'alcool à 95° cent. Au moyen d'une longue spatule en bois, on agite vivement le mélange jusqu'à ce qu'il soit aussi parfait que possible et, ce résultat une fois atteint, on bouche cet orifice avec beaucoup de soin. On ouvre alors le robinet du tuyau V et l'on fait arriver la vapeur non point peu à peu, comme on pourrait le croire, mais en plein du premier coup. Plus la réaction est vive,

r est le résultat. L'air de l'appareil, l'acide carbonique
ınt de la réaction et ayant échappé à l'action de la chaux
ıssés avec fracas; une petite quantité de chlore les accom-
Une certaine portion de chloroforme distille ainsi dès les
·s instants, on la recueille dans le flacon F au moyen du
caoutchouc que l'on fait plonger dans l'eau que ce flacon
ıe. Au bout de quelque temps, lorsque le dégagement vio-
gaz a cessé, on arrête complétement la vapeur; la réac-
ırche d'elle-même, le chloroforme se produit peu à peu,
température se trouve alors insuffisante pour le volati-
une petite portion seulement, entraînée mécaniquement,
ɜ condenser dans les appareils. Lorsqu'on juge que la
ı est terminée, on ouvre la vapeur de nouveau, mais avec
ion cette fois, et en n'introduisant que la quantité suffi-
our mettre le chloroforme en ébullition. Celui-ci distille
se condenser dans le manchon R d'où on l'enlève au fur
sure que son niveau s'élève, ce qu'il est facile d'apprécier
en du tube de verre P.
les tourilles K, K', se condensent une petite portion de
ɔrme, d'alcool et d'eau chlorée; c'est au moyen de ces
ı, et afin de n'en perdre aucune partie utile, que l'on met
le chlorure de chaux, ainsi que nous l'avons indiqué au
ncement de l'opération. La transformation complète de
en chloroforme exige, dans l'appareil que nous venons
ire, quatre heures environ.
ıccidents qui peuvent se produire dans le cours de cette
ion ont, au point de vue du rendement, une grande gra-
i la réaction est trop vive, et ce fait se produit sur-
rsque la quantité de chaux en excès est insuffisante, la
ı se boursoufle outre mesure, est entraînée hors des appa-
se trouve naturellement perdue. Quand le chlorure est
dans une très-grande quantité d'eau, la réaction est plus
ːe, et ce serait là un avantage important dont on pourrait
· s'il n'entraînait pas la nécessité d'employer des vases trop
, et si surtout il n'offrait pas le danger de laisser une trop
quantité d'alcool inattaqué. Quant à cet élément de la
ıtion, il est nécessaire qu'il soit toujours en excès, sinon
tiendrait des produits plus chlorés que le chloroforme; de
ı liquide obtenu dans de semblables circonstances se trou-
;rès-chargé de chlore, et, quelques instants après sa pré-
n, on le verrait s'échauffer vivement et se décomposer

partiellement en fournissant des produits plus chlorés. Ce dernier accident se produit d'une manière assez fréquente, et l'on voit souvent le chloroforme, quelques instants après sa préparation, s'échauffer et subir une effervescence assez vive due à cette réaction du chlore qui détruit une portion du chloroforme produit. Le moyen qui nous paraît le meilleur pour parer à cet accident consiste à ajouter au liquide condensé, au sortir de l'alambic, et avant même que le chloroforme soit entièrement séparé par l'eau, une dissolution faible de carbonate de soude.

RECTIFICATION DU CHLOROFORME.

Les produits recueillis aux différents moments de la réaction sont mélangés et additionnés de 4 à 5 fois leur volume d'eau, à laquelle on a ajouté un peu de carbonate de soude. Celui-ci a pour rôle d'enlever quelques traces de chlore libre, tandis que l'eau sépare le chloroforme en une couche insoluble qui se précipite au fond du liquide. On sépare cette couche par décantation, et on la conserve à part pour rectifier à la fois les produits de plusieurs opérations successives.

Pour opérer cette rectification, on place d'abord le chloroforme brut dans une baratte, et on le mélange par un battage énergique avec une petite quantité d'eau destinée à lui enlever les dernières portions d'alcool, etc., qu'il renferme; on continue le battage du mélange jusqu'à ce que le chloroforme, séparé de l'eau qui le surnage, marque 48° à l'aréomètre de Baumé. On le recueille alors et on l'additionne d'une petite quantité d'acide sulfurique: celui-ci, carbonisant diverses impuretés organiques, colore fortement le liquide; on agite quelques instants, puis on laisse reposer douze heures environ. On lave à l'eau pour enlever l'acide sulfurique, et enfin, après ce lavage, on distille le chloroforme au bain-marie dans un alambic ordinaire où l'on a eu soin d'ajouter une petite quantité de carbonate de soude pour saturer l'acide sulfurique libre que le lavage n'aurait pas enlevé.

USAGES DU CHLOROFORME.

Les usages du chloroforme sont peu nombreux; c'est un dissolvant utile dont le chimiste, dans son laboratoire, tire un parti avantageux; la médecine l'emploie quelquefois dans les maladies spasmodiques; on a proposé de le substituer à l'éther pour la production d'une force motrice dans des chaudières à vapeur, et il est certain qu'il présenterait sur ce dernier de grands avan-

tages, celui, entre autres, d'être beaucoup moins inflammable. Ce corps, grâce aux propriétés dissolvantes qu'il possède vis-à-vis des gommes et des résines, paraît appelé à rendre de grands services dans la fabrication des vernis, qui, à coup sûr, l'emploierait bien plus fréquemment si son prix élevé n'y mettait obstacle. Mais son utilisation la plus importante est celle qu'en fait la pratique chirurgicale pour l'anesthésie; celle-ci le préfère avec juste raison à l'éther, car il est moins excitant que ce dernier, son usage est plus agréable, il agit plus vite, plus complétement, et son action est plus persistante.

AIMÉ GIRARD.

FARINES ET PAIN

I.—FROMENT.

Les blés sont fournis par plusieurs espèces du genre *triticum*. On les a divisés, au point de vue industriel, en trois sortes principales : les blés tendres, les blés durs et les blés intermédiaires ou demi-durs. Les blés tendres sont blancs, opaques, farineux à l'intérieur, et donnent par la mouture une farine blanche. Les blés durs ont une cassure ferme, cornée et demi-transparente. Ils sont compactes, lourds, fauves, peu hygroscopiques, contiennent peu de son et donnent une farine grisâtre. Les blés demi-durs ou *mitadins*, intermédiaires entre les deux autres, ont une cassure blanchâtre, moins cornée que celle des blés durs et sont généralement employés. La proportion des matières azotées, contenues dans les blés tendres, est de 10 à 12 pour 100, et de 15 à 20 pour 100 dans les blés durs. Cependant on rencontre dans le commerce des blés tendres qui renferment autant de principes azotés que les blés durs.

Les grains de froment ont généralement une forme ellipsoïde et se composent de deux lobes séparés par une ligne. On observe à l'une de leurs extrémités une petite cavité qui contient l'embryon; l'autre extrémité est garnie de poils nombreux ordinairement salis par les poussières ou par des productions cryptogamiques, telles que le *charbon*, la *rouille*, la *carie*, etc.

Lorsqu'on coupe en deux un grain de blé perpendiculairement à son grand axe, on voit d'abord, selon M. Payen, une enveloppe générale formée d'un tissu non alimentaire; puis on observe, à l'aide du microscope, des cellules contenant des matières azotées albumineuses et caséeuses, des matières grasses et des phosphates. Enfin, dans l'intérieur, on trouve des parties plus blanches formées de cellules presque entièrement remplies d'amidon et de gluten.

Dans plusieurs expériences qui ont exigé beaucoup de temps et de patience, j'ai détaché avec la main la première enveloppe de quelques échantillons de blé tendre préalablement humecté. Ils ont fourni en moyenne 3,540 d'enveloppes desséchées pour

100 de blé; et encore n'a-t-on pas pu enlever la portion qui se trouve dans le sillon qui partage en deux lobes le grain de blé. Cette pellicule, examinée au microscope, ne présente que des cellules et ne contient ni gluten, ni matière grasse; traitée par l'eau bouillante, elle ne lui cède que 3,76 pour 100 de sels et de matières extractives. Elle renferme 2,120 de matières fixes et 3,380 pour 100 de matière azotée non alimentaire, et qui peut être comparée, sous ce rapport, à celle qui est contenue dans la paille de froment, de seigle, d'orge, de plusieurs espèces de bois, etc.

Tous les essais de décortication du blé qui ont été faits, il y a quelques années, et particulièrement ceux de MM. Millon et Sibille, confirment ces expériences. Ainsi la proportion de ligneux contenue dans le blé est beaucoup plus considérable qu'on ne l'a cru jusqu'ici.

Le grain de froment se compose, d'après les recherches récentes de MM. Mège-Mouriès et Trécul, du *péricarpe* et du *grain* proprement dit. Le péricarpe est formé de trois couches : la couche externe ou *épicarpe* qui est incolore et qui ne présente aucune cellule, la couche médiane ou *sarcocarpe* qui est constituée par des cellules colorées en jaune, et la partie interne ou *endocarpe* qui, comme la précédente, est formée de cellules.

Le grain proprement dit se compose, suivant les mêmes observateurs, de deux enveloppes : le *testa* et la *membrane interne* du *périsperme* et de l'*embryon*. Le son provient de la déchirure du *péricarpe* auquel adhèrent les deux enveloppes du grain, les grandes cellules externes du périsperme et quelques cellules placées au-dessous contenant des globules d'amidon. Les grandes cellules externes du périsperme ne renferment pas d'amidon, mais on y trouve principalement deux ferments qui seront examinés plus loin, la *céréaline* et la *caséine végétale*. Le gluten et l'amidon sont au-dessous. Nous verrons plus tard le rôle que ces principes jouent dans la panification.

Un grand nombre de chimistes se sont occupés de la détermination des éléments qui constituent le blé ; parmi les travaux qui ont été publiés sur cette question si importante, ceux de MM. Rossignon, Boussingault, Payen, Péligot, Krocker, Horsford, Millon, Poggiale, etc., méritent d'être particulièrement cités.

Les méthodes analytiques employées par les chimistes pour isoler les substances qui composent les blés offrent de grandes difficultés dans leur application. Ce sont des recherches longues et fastidieuses qui exigent beaucoup de soin.

Les blés contiennent de l'eau, des sels minéraux, de la cellulose, des matières azotées solubles ou insolubles dans l'eau, de l'amidon, des matières ternaires solubles dans l'eau, des substances grasses et des matières colorantes.

M. Péligot a examiné quatorze variétés de blé; nous résumons dans le tableau suivant les résultats qu'il a obtenus :

BLÉS.	Gluten et albumine.	Matières grasses.	Amidon.	Dextrine.	Cellulose.	Sels.	Eau.	OBSERVATIONS.
Blé blanc de Flandre	10.7	1.0	61.0	9.2	1.8	1.7*	14.6	Dauphiné, année 1841.
— Hardy-White..	12.5	1.1	59.1	10.5	1.5	1.7*	13.6	Verrières, 1843.
— touselle blanche de Provence	9.9	1.3	62.7	8.1	1.7*	1.7*	14.6	Blé tendre, 1842.
— Polish Odessa.	14.3	1.5	59.6	6.3	1.7*	1.4	15.2	— mêlé, Pologne russe.
— hérisson......	11.7	1.2	63.7	6.8	1.7*	1.7*	13.2	— de mars, 1842.
— poulard roux..	10.6	1.0	63.3	7.8	1.7*	1.7*	13.9	Loire-Infér., 1840.
— poulard bleu conique......	15.6	1.0	59.9	7.2	1.5	1.9	14.4	Verrières, 1844.
— Idem.........	18.1	1.2	58.0	5.9	1.7*	1.9	13.2	Verrières, 1846, année sèche.
— mitadin du Midi..............	16.0	1.1	59.8	6.4	1.4	1.7	13.6	Avignon.
— de Pologne...	21.5	1.5	53.4	6.8	1.7*	1.9	13.2	Très-dur, Verrières, 1844.
— de Banat......	13.4	1.1	62.2	5.4	1.7*	1.7*	14.5	Hongrie.
— d'Espagne....	10.7	1.8	61.9	7.3	1.7*	1.4	15.2	Mélange de blé dur et tendre.
— d'Egypte.....	20.6	1.1	55.4	6.0	1.7*	1.7*	13.5	Dur. Grains petits et rouges.
— de Taganrock.	13.6	1.9	57.9	7.9	2.3	1.6	14.8	Très-dur.

Les chiffres suivis d'un astérisque, qui expriment les proportions de cellulose et de sels, n'ont pas été obtenus directement; on a pris, pour les établir, les moyennes des déterminations faites sur les autres variétés de blés.

D'après mes expériences, la proportion de ligneux du blé est beaucoup plus élevée. La composition des blés tendres et des blés durs peut être représentée en moyenne par les nombres suivants :

Amidon et dextrine	63.03
Matières azotées	14.40
— grasses	1.90
— fixes	1.70
Ligneux	4.20
Eau	14.50
	100.00

Plusieurs maladies envahissent le blé sur pied; les plus communes, telles que *la rouille, le charbon, la carie*, etc., sont dues au développement de certaines plantes parasites.

Tous les ans, les agriculteurs perdent environ 12 ou 14 pour 100 de blé, soit par l'effet des pluies qui pourrissent les blés fauchés, soit par les dévastations causées par les insectes, soit par les moisissures et par la fermentation qui se développent dans les grains sous l'influence de l'humidité, de l'air, d'une température suffisamment élevée et des insectes eux-mêmes.

Les insectes les plus redoutables sont le *charançon* et l'*alucite*. Le premier surtout se multiplie avec une effrayante rapidité, et, lorsque la chaleur ne s'abaisse pas au-dessous de 12°, on a constaté que 12 paires de charançons dans un hectolitre de blé y produisent 75,000 individus, dont chacun détruit, assure-t-on, dans une année 3 grains, ce qui représente environ 12 pour 100 de blé. Le charançon se nourrit de la portion farineuse du grain et ne touche pas aux enveloppes, ce qui prouve bien, contrairement aux assertions de quelques chimistes, que le grain proprement dit a une valeur nutritive supérieure aux divers téguments qui le recouvrent.

Les pertes considérables que l'agriculture éprouve tous les ans font assez comprendre combien il importe d'employer de bons procédés pour la conservation des blés. Parmi les moyens qui ont été proposés, les plus importants sont : 1° le pelletage ou la ventilation des grains; 2° la dessiccation; 3° le choc; 4° l'ensilage; 5° la conservation des blés dans divers gaz et dans le sulfure de carbone; 6° l'élévation de la température. Nous regrettons que le défaut d'espace ne nous permette pas d'examiner ces divers moyens.

II.—FARINES.

La farine de froment renferme, comme cette céréale, de l'eau, de l'amidon, de la dextrine, du glucose, du ligneux (quand elle n'est pas entièrement blutée), du gluten, des principes albuminoïdes solubles, des matières grasses, une huile essentielle, et enfin des substances minérales ordinairement composées de phosphates de chaux et de magnésie, de sels de potasse et de soude, d'acide silicique, etc.

On détermine le poids des principes qui composent les farines par divers procédés dont la description nous entraînerait trop loin. Il suffira d'insister ici sur la séparation de la matière azotée

insoluble de la farine qu'on nomme *gluten* et dont il est si souvent utile d'examiner les caractères.

Pour avoir la proportion de gluten, on fait une pâte renfermant environ 50 d'eau pour 100 de farine. On pétrit cette pâte et, lorsqu'elle est homogène, on l'abandonne à elle-même pendant une demi-heure, afin que l'hydratation soit complète. On malaxe alors la pâte sous un mince filet d'eau et au-dessus d'un tamis de soie à mailles serrées, jusqu'à ce que le liquide coule limpide. L'eau, qui entraîne les grains d'amidon, est reçue dans une terrine, tandis que les particules de gluten adhèrent entre elles et forment une masse filante et élastique. Le gluten frais retient environ les deux tiers de son poids d'eau, mais on ne peut en déterminer rigoureusement la quantité qu'en le desséchant à 110°.

Le gluten provenant des bonnes farines se gonfle considérablement quand on le dessèche dans un tube; il est homogène, d'un blanc grisâtre, souple, tenace et très-élastique. S'il provient, au contraire, de farines altérées, il ne se boursoufle pas, répand une odeur désagréable et devient visqueux par la chaleur. Il n'est pas extensible, a peu d'adhérence, et ses parties étant désagrégées s'étendent difficilement en membranes. Le gluten renferme quatre substances distinctes : la fibrine, l'albumine, la glutine et la caséine végétales, qui ont la même composition chimique et qui contiennent, comme le gluten, 16 pour 100 d'azote.

La liqueur dans laquelle s'est déposée la substance amylacée, après la séparation du gluten, fournit par l'ébullition des flocons grisâtres formés d'albumine coagulée. Le dépôt est jeté sur un filtre, lavé et pesé. Mais, lorsque cela est possible, on détermine avec plus de précision la proportion des substances azotées contenues dans les farines par le procédé de MM. Will et Warrentrapp, modifié par M. Péligot. Les substances azotées des farines renfermant la même quantité d'azote, on comprend que le dosage de ce corps donnera exactement la proportion de matières azotées. En multipliant par 6,3 le poids de l'azote obtenu, on aura celui des matières albuminoïdes contenues dans les farines. Ainsi je suppose qu'un échantillon de farine ait fourni à l'analyse 2,5 pour 100 d'azote, la quantité de matière azotée sera $2,5 \times 6,3 = 15,75$.

Si l'on évapore au bain-marie la liqueur débarrassée de l'albumine, on obtient un résidu de dextrine et de sucre que l'on traite par l'alcool pour séparer ce dernier. On peut d'ailleurs doser la quantité de glucose par le tartrate de cuivre et de potasse.

L'amidon qui se dépose à la suite des lavages doit être bien desséché et pesé. On peut aussi le doser à l'état de glucose. Enfin, on reconnait la quantité de son en le recueillant sur un tamis à mailles serrées et en le lavant à l'eau froide. Le résidu est séché et pesé, et, pour avoir la proportion de son ordinaire, on multiplie par 3 le chiffre obtenu. Ainsi 10 grammes de résidu desséché représentent approximativement 30 grammes de son farineux.

La composition de la farine de blé varie suivant les diverses espèces de blé, leur qualité et leur conservation. Elle renferme plus ou moins d'eau, plus ou moins de gluten suivant le blé dont elle provient. Ainsi, les grains de blé gros, durs, bien nourris, donnent peu de son et sont riches en gluten. Le contraire arrive avec les blés mouillés, altérés, mal nourris, récoltés avant leur maturité. En général, les blés durs contiennent environ deux fois autant de matières azotées que les blés tendres, et renferment une proportion plus considérable de matières grasses et de sels inorganiques.

Le gluten exerçant la plus grande influence sur les qualités du pain, on doit toujours en déterminer rigoureusement la proportion et la nature. On trouve, en effet, dans le commerce des farines blanches obtenues par le remoulage des derniers gruaux, contenant si peu de gluten que quelquefois on n'en peut extraire que 1 ou 2 pour 100.

On a proposé de déterminer la quantité de gluten contenue dans les farines, en traitant un poids connu de celles-ci par de l'acide acétique étendu d'eau qui dissout la presque totalité des matières azotées et qui n'attaque pas l'amidon. On juge ensuite approximativement de la richesse de la farine par la densité de la liqueur ainsi obtenue.

La farine de blé renferme ordinairement en France de 14 à 16 pour 100 d'eau. Le maximum ne doit pas dépasser 18 pour 100. En effet, l'excès d'humidité exerce une influence fâcheuse sur les farines. Elle produit l'altération du gluten, favorise le développement de divers champignons et fournit un pain mal levé, d'une odeur plus ou moins désagréable et d'une nuance grise. Ajoutons que les farines produisent d'autant plus de pain qu'elles contiennent moins d'eau.

La farine desséchée et exposée ensuite dans un lieu humide se pelotonne, s'échauffe et s'altère; son poids augmente alors de 12 à 15 pour 100.

Quand on soumet à la mouture des blés humides, on remarque qu'ils perdent un peu d'eau ; le son contient généralement plus d'humidité que la farine provenant du même blé.

La farine destinée à la fabrication du pain de munition est blutée à 20 pour 100 pour le blé tendre, et à 12 pour 100 pour le blé dur. Elle retient par conséquent encore de 7 à 8 pour 100 de son.

Les farines commerciales se divisent en plusieurs sortes ; la farine de première qualité provient de la première mouture et du premier blutage ; on y ajoute une partie des produits de la mouture des gruaux blancs. Cette farine est d'un blanc mat tirant sur le jaune, s'attache aux doigts, prend de la cohésion, quand on la comprime, et ne laisse voir à l'œil aucune trace de son. Elle se subdivise en deux ou trois variétés, suivant les soins qu'on a apportés au nettoyage des blés et à la mouture.

La farine de deuxième qualité provient de la mouture des gruaux bis. Elle est mêlée avec la farine blanche des blés de qualité inférieure. Cette sorte de farine est moins pesante et d'un blanc plus mat que la farine de première qualité. Elle contient du gluten moins souple et moins élastique, et fournit un pain moins blanc et moins levé.

Les farines de blé doivent être sèches, pesantes, douces au toucher et d'une odeur agréable. La pâte qu'elles forment avec l'eau est homogène, élastique, peut s'étendre et s'allonger. Si, au contraire, la pâte s'attache aux doigts et si elle se déchire facilement, on peut presque affirmer que la farine est de qualité inférieure.

Les farines altérées par une cause quelconque, celles qui renferment des insectes ou des farines étrangères, ne doivent pas être employées à la confection du pain. Mais l'épreuve la plus importante et la plus sûre pour connaître la bonne qualité des farines consiste à évaluer le gluten et à en déterminer les caractères. L'observation attentive de ses propriétés permet d'apprécier exactement la pureté et l'état de conservation des farines.

SON DE FROMENT.

On s'est vivement préoccupé, depuis quelques années, de la composition, de la valeur nutritive et du rôle du son dans la panification. Ce produit est considéré par les uns comme une substance essentiellement alimentaire, très-riche en gluten, et par les autres comme un élément nuisible. Ceux-ci lui reprochent

particulièrement d'absorber et de retenir une proportion considérable d'eau, d'exiger des levains très-forts, de donner au pain une nuance brune et une saveur acide, de rendre cet aliment pâteux, lourd et compacte, d'être un obstacle à sa conservation, de favoriser la formation des sporules de diverses espèces de champignons, et enfin d'être, quant à la partie ligneuse, sans profit pour l'alimentation de l'homme.

D'autres personnes, se fondant sur une ancienne expérience de Magendie, pensent que le pain de son est plus nutritif et plus sain que le pain blanc ordinaire, et que par le blutage on diminue considérablement la partie la plus riche en matière alimentaire de la farine.

La quantité de gluten et d'amidon renfermée dans le son est-elle aussi élevée qu'on l'a admis dans ces derniers temps? Doit-on considérer comme substance alimentaire tout ce qui est enlevé par les acides, les alcalis et les dissolvants qu'on emploie pour avoir la cellulose pure? Peut-on, sans inconvénients, laisser dans le pain tout le son contenu dans la farine? Peut-on neutraliser les effets du son, tout en utilisant la matière alimentaire qu'il contient? Telles sont les questions que nous allons examiner rapidement.

Généralement on déterminait autrefois la proportion de ligneux contenue dans le son ou dans le blé, en les traitant successivement par les acides et les alcalis étendus, l'eau bouillante, l'alcool et l'éther. Analysé par cette méthode, le son fournit les résultats suivants :

Eau	12.65
Substances solubles dans l'eau bouillante	30.82
— — dans les acides étendus	34.37
— — dans les alcalis étendus	12.74
Cellulose résistante	9.43
	100.00

Le son, ne laissant par l'action de ces dissolvants que 9 à 10 pour 100 de cellulose, on a admis à tort que la perte qu'il éprouve représente la proportion de matière alimentaire. Cette conséquence n'est pas fondée par les motifs que j'ai déjà fait connaître.

Les recherches auxquelles je me suis livré me permettent d'affirmer que la proportion de matière non assimilable contenue dans le son est très-considérable. En effet, si l'on introduit 20 grammes de son dans un ballon de verre, si l'on y ajoute

1,000 gr. d'eau et si, après avoir fait bouillir le mélange pendant quelques minutes, on le laisse refroidir, et si enfin on y ajoute 1 gramme de diastase, dont on prolonge le contact, à la température de 60°, jusqu'à ce que la liqueur cesse de se colorer en bleu ou en violet par une solution aqueuse d'iode ; on obtient 11,19 de résidu insoluble. Ce résidu, examiné au microscope, ne présente plus que des cellules, les unes blanches, les autres plus ou moins brunes, et un nombre assez considérable de globules graisseux, arrondis, diaphanes, à bords obscurs, de volumes divers et solubles dans l'éther. L'amidon a disparu complétement. Ce résidu est évidemment formé de ligneux, de matière grasse, de matière azotée et de sels. La quantité de glucose, obtenue par l'action de la diastase, donne d'une manière exacte la proportion d'amidon et de dextrine, ainsi que le glucose contenu dans le son. Si l'on défalque du poids du résidu la matière azotée, la matière grasse et les sels dont le poids est déterminé par des expériences directes, on trouve que le son contient environ 35 pour 100 de ligneux. D'après mes expériences, tout l'azote du son n'est pas fourni par une matière azotée assimilable. Ainsi le même son ayant traversé trois fois le tube digestif de deux chiens et d'un poulet contenait encore 3,5 pour 100 de matière azotée non assimilable.

Ce résultat n'offre rien d'extraordinaire. En effet, si la valeur nutritive des aliments croît d'une manière générale avec la proportion des matières azotées qu'ils contiennent, il faut bien admettre aussi que toutes les matières azotées ne peuvent pas être considérées comme nutritives pour l'homme. Ainsi la paille de froment, de seigle, d'orge, d'avoine, etc., contient, d'après les expériences de MM. Payen et Boussingault, depuis 2 jusqu'à 17 pour 1000 d'azote, et personne certainement n'a soutenu qu'elles fussent alimentaires pour l'homme et pour tous les animaux. Elles sont, comme la partie ligneuse du son, réfractaires à l'action des organes digestifs de certaines espèces animales.

J'ai prouvé par plusieurs expériences que lorsqu'on traite par les acides la première enveloppe du blé ou la partie ligneuse du son, il se forme une proportion considérable de sucre. Ainsi 100 parties de son entièrement dépouillé d'amidon et de dextrine, et soumis à l'action des organes digestifs de deux chiens et d'un poulet, ont perdu 40 pour 100 de leur poids et ont fourni 21 de glucose. Après avoir traité le résidu par la potasse étendue, on a obtenu sur le filtre une matière d'un blanc jaunâtre dont la pro-

portion ne dépasse pas 22 pour 100. Il résulte de cette expérience que le son privé d'amidon, et qui a traversé des organes digestifs des animaux, *contiendrait encore environ* 80 *pour* 100 *de matière alimentaire*, si l'on admettait que les substances dissoutes par les acides et les alcalis étendus sont assimilables. Le dosage du ligneux par les acides est donc défectueux et doit être abandonné.

Si, au lieu d'employer les acides et les alcalis, on se sert de diastase, on n'a plus à redouter les inconvénients que je viens de signaler. C'est par ce procédé que je suis parvenu aux résultats suivants :

ANALYSE DU SON.

	Première expérience.	Deuxième expérience.	Troisième expérience.	Moyenne.
Eau	12.673	12.632	12.703	12.669
Sucre	1.971	1.828	1.930	1.909
Matières solubles non azotées (dextrine ou substances congénères)	7.727	7.699	7.703	7.709
Matières solubles azotées (albumine)	5.607	5.626	5.612	5.615
Matières azotées insolubles assimilables	3.858	3.860	3.884	3.867
Matières azotées insolubles non assimilables	3.516	3.512	3.520	3.516
Matières grasses	2.807	2.998	2.827	2.877
Amidon	21.649	21.625	21.802	21.692
Ligneux	34.405	34.597	34.723	34.575
Sels	5.760	5.406	5.378	5.514
	99.973	99.960	99.905	99.943

Ainsi le son contient en moyenne 44 pour 100 de matières assimilables et 56 pour 100 de substances qui ne peuvent pas servir à la nutrition. Cette proportion si élevée de matières réfractaires à l'action des organes digestifs, et surtout le rôle que joue le son dans la panification justifiaient donc, avant les travaux de M. Mège-Mouriès, son élimination de la farine et la perte qui résulte de l'opération du blutage.

Il fallait un procédé simple pour la séparation complète et économique de la matière alimentaire du son. Aujourd'hui, les recherches de M. Mège-Mouriès semblent avoir résolu ce problème. Nous avons vu que, suivant cet observateur et M. Trécul, le son provient de la déchirure du péricarpe, auquel adhèrent les deux enveloppes du grain avec les grandes cellules externes du périsperme et quelques cellules placées au-dessous renfermant de

l'amidon. On rencontre dans celle-ci une matière azotée parti-culière, la céréaline, qui joue le rôle de ferment. Ce princip passe presque en entier dans le son et non dans la farine qui ser à la préparation du pain blanc. On avait toujours pensé avan M. Mège-Mouriès que le pain bis doit sa couleur au son, puisqu le pain blanc provient d'une farine qui n'en contient pas; mai les faits nombreux observés dans ces derniers temps prouve qu'il faut attribuer la couleur du pain bis à une autre cause. l'on opère, en effet, la panification par le procédé de M. Mège-Mouriès, avec de la farine qui retient encore du son, on obtie un pain d'un blanc légèrement jaunâtre; on aurait, au contrair par le procédé ordinaire, la couleur brune du pain bis.

ALTÉRATIONS ET FALSIFICATIONS DE LA FARINE DE FROMENT.

Lorsque les farines contiennent un excès d'humidité, elle s'agglomèrent et éprouvent souvent des altérations profondes. se développe alors de l'acide acétique et de l'acide lactique q rendent le gluten soluble dans l'eau et, par conséquent, impropr à produire un pain blanc et léger.

Si l'on expose la farine desséchée dans un lieu humide, on observe qu'elle augmente rapidement de poids, qu'elle s'échauff et s'altère. Les farines altérées ont une saveur aigre et une odeur désagréable; elles laissent dégager de l'ammoniaque sous l'in-fluence des alcalis caustiques. On reconnaît l'état de bonne ou mauvaise conservation de la farine en isolant le gluten qui se rassemble difficilement dans la main de l'opérateur lorsque la farine est altérée. Il tend toujours, au contraire, à se diviser en grumeaux qui ont peu d'adhérence entre eux, et ce n'est qu'au bout d'un temps très-long qu'on parvient à le réunir en une masse. Mais la présence des farines étrangères produit le résultat. Les propriétés anormales du gluten ne peuvent être attribuées à la fermentation que lorsque, par l'analyse l'observation microscopique, on a constaté que d'autres n'ont pas été mélangées à celle de froment.

L'humidité favorise aussi la production des sporules de d champignons qui se développent ensuite dans le pain. Ces ch pignons communiquent aux farines une odeur désagréable et rendent insalubres.

Les farines sont quelquefois altérées pendant la mouture, si le meules sont trop rapprochées ou animées d'un mouvement tro rapide. Dans ce cas, le gluten est mou et désagrégé.

ntroduit fréquemment dans la farine de froment plusieurs nces étrangères, telles que le remoulage des gruaux bis, les s d'orge, de seigle, de légumineuses, de maïs, de sarrasin, la poudre de tourteaux de lin, la fécule de pommes de suivant les cours commerciaux, l'alun, le sulfate de cuivre, udres calcaires, etc.

diverses falsifications diminuent la quantité relative de et en altèrent les qualités; par conséquent, on doit avant :hose déterminer la proportion de ce produit par le proui a été indiqué et examiner attentivement les caractères ques qu'il présente. Dans les expertises, il est souvent utile le constater la qualité de la farine de blé par un essai de ation sur quelques kilogrammes.

)onny a proposé un procédé délicat pour reconnaître les ations de la farine de blé. Ce moyen consiste à modifier stance suspecte au moyen de réactifs chimiques ou de ulations mécaniques, et à examiner au microscope les its de ces modifications pour juger si la farine est pure ou e.

:le de pommes de terre.—La recherche de la fécule de es de terre, qu'on mêle du reste rarement aujourd'hui ı farine, se fait, en mettant une petite quantité de celle-ci porte-objet d'un microscope, avec une solution de potasse ant 1,75 pour 100 d'alcali. Les grains de fécule se gonflent érablement et s'étalent ensuite en plaques minces et transes, tandis que les granules des céréales n'éprouvent qu'une cation peu sensible. On peut d'ailleurs distinguer, à l'aide croscope seulement, les grains de fécule et d'amidon par leur forme et leur dimension. En effet, ceux d'amidon offrent une forme arrondie et déprimée, tandis que les grains de fécule présentent des portions de sphéroïde. Ces phénomènes deviennent encore plus apparents, si l'on ajoute une goutte d'eau iodée et si on sèche ırécaution. On distingue, en outre, sur les globules de la une série de cercles concentriques et la marque du hile,



. 351.—Grains d'amidon (*c*) et de fécule (*g*).

caractères qui manquent ou qui ne sont point apparents sur les globules d'amidon.

Gay-Lussac et M. Boland ont proposé, pour reconnaître cette falsification, de broyer de la farine privée de gluten, d'étendre d'eau et de filtrer. Si la farine contient de la fécule, quelques grains sont brisés par la trituration et la liqueur bleuit alors par l'iode. La farine pure ne présente pas ce phénomène, si on ne triture pas trop longtemps. Les grains de fécule, en raison de leur volume, de leur forme et de leur texture, se déchirent en partie; ceux d'amidon, au contraire, étant plus petits, plus plats, résistent davantage. Cependant dans la pratique ce procédé ne fournit que des indications incertaines, par la raison qu'il est difficile de mesurer les effets de l'action du pilon.

Lorsqu'on malaxe, ainsi que l'a proposé M. Boland, sous un mince filet d'eau de la pâte faite avec la farine contenant de la fécule, on observe que les premières portions qui se déposent sont presque entièrement composées de fécule que l'on distingue facilement à l'examen microscopique. L'eau chargée d'amidon doit être recueillie dans un vase de verre conique, l'extrémité du cône sera ainsi formée par la fécule.

Farine de légumineuses. — L'addition de la farine de légumineuses à celle de froment rend très-difficile l'extraction du gluten. Celui-ci est tellement désagrégé qu'on a de la peine, particulièrement avec la farine de haricots, à en extraire une faible quantité. La pâte glisse entre les mains et presque tout le gluten est entraîné par l'eau en même temps que les substances amylacées. On remarque, en outre, que les caractères physiques du gluten sont modifiés. Ainsi la farine de pois lui communique une couleur verdâtre, celle de lentilles une couleur brune, celle de fèveroles une teinte rosée, etc.

Le pain, préparé avec un mélange de farine de froment et de légumineuses, est plus compacte et plus lourd. Lorsqu'il contient de la fèverole, il a une teinte rosée; la farine de vesces lui communique une odeur et une saveur désagréables.

Les légumineuses contenant une proportion considérable de légumine, on a proposé de reconnaître la présence de ce principe dans les farines. Pour cela, on délaye la farine dans l'eau, on laisse macérer pendant quelques heures à la température de 25 à 30°, et on jette ensuite le tout sur un filtre de papier. La liqueur filtrée se trouble par l'acide acétique et par l'acide phosphorique. Un excès d'acide acétique dissout le dépôt qui se forme. Mais le

ité par l'acide acétique ne caractérise pas exclusivement la ine. Ainsi la farine de sarrasin donne un dépôt considérable ıcide acétique, et la liqueur obtenue avec la farine de frose trouble elle-même par ce réactif.

Donny a proposé un moyen très-délicat pour reconnaître 'raude. Il est basé sur la forme caractéristique de la cellues légumineuses. Voici comment on procède : on mêle sur te-objet d'un microscope une très-petite quantité de farine :te, après l'avoir blutée, avec une lessive alcaline renfermant ır 100 de potasse ; les principes albuminoïdes se dissolvent, .on devient transparent et par l'observation microscopique .t un tissu cellulaire réticulé, à mailles hexagonales, propre aux graines des légumineuses. Si la farine de froment est pure, la potasse la transforme en une masse gommeuse dans laquelle on ne remarque aucune trace de cellulose. Suivant M. Donny lui-même, ce mode d'investigation offre des difficultés ; en effet, les personnes peu habituées à ce genre de recherches peuvent confondre la cellulose des légumineuses avec le son de froment. Mais avec un peu d'habitude on parvient à les distinguer assez facilement. Les enveloppes des céréales offrent des dimensions plus petites et se dessinent ordinairement sur une membrane jaunâtre.



ı2.— Tissu ulaire des ıes de léneuses.

n n'ajoute pas de potasse à la farine mélangée, on observe croscope des grains ovoïdes dont les deux extrémités ont ılement le même diamètre. Le hile des légumineuses, toujours situé à la partie centrale, a la forme d'une fente parallèle au grand axe. De ce hile partent des déchirures qui apparaissent sous forme de fentes et qui lui sont à peu près perpendiculaires. Quelquefois on observe des fentes parallèles au hile. On reconnaît aisément au microscope la farine de haricots, même lorsque sa proportion est faible. Quand on sépare le gluten par les lavages, l'amidon des haricots se trouve presque tout entier dans les premières portions qui se déposent. Les globules de haricots présentent une forme un peu allongée et points noirs sur la face latérale. Ces grains observés à la



3.—Fécule légumineu-

lumière polarisée paraissent ronds ; leur surface est divisée par une croix rectangulaire dont les deux branches sont foncées; leur intersection est marquée par un point noir.

Les farines de fèveroles et de vesces sont, en outre, caractérisées par l'action successive de l'acide azotique et de l'ammoniaque. Pour cela on applique une couche mince de farine délayée dans l'eau sur les parois d'une capsule de porcelaine ; on met ensuite, au fond de la capsule, quelques gouttes d'acide azotique que l'on chauffe, après avoir placé une lame de verre sur la capsule. Sous l'influence de l'acide azotique, la farine devient jaune. On remplace alors l'acide par l'ammoniaque et l'on abandonne la capsule à l'air. Si la farine de froment est pure, la pâte prend une teinte jaune qui n'est pas modifiée par l'ammoniaque; mais si elle contient de la farine de fèveroles et de vesces, il se produit sur la teinte jaune de petites taches d'un rouge très-vif. Le nombre de ces taches est en rapport avec la quantité de farine de légumineuses ajoutée au mélange. On observe les points rouges, soit à l'œil nu, soit avec une loupe.

Farines de maïs, de riz ou de sarrasin.—On recherche la farine de riz, de maïs et de sarrasin, en malaxant la farine suspecte préalablement blutée sous un filet d'eau et recevant le liquide sur un tamis de soie. La liqueur qui traverse le tamis entraîne l'amidon qui se dépose. Si on observe alors au microscope les portions qui se déposent les premières, on voit des fragments anguleux et demi-transparents du périsperme du riz et du maïs, et les fragments polyédriques du sarrasin. La recherche de ces fragments anguleux constitue un moyen certain de constater les fraudes effectuées par les farines de maïs, de riz et même de sarrasin. Les fragments anguleux du riz ne sont pas colorés, tandis que ceux du maïs le sont toujours plus ou moins. Les grains d'amidon du maïs étant assez réguliers et de diamètre moyen, on doit surtout observer les portions qui se sont déposées les premières dans le lavage de la pâte. Suivant M. Rivot, qui a trouvé du maïs dans un grand nombre d'échantillons de farines d'Amérique, un des meilleurs moyens de reconnaître la présence du maïs consiste à mouiller l'amidon

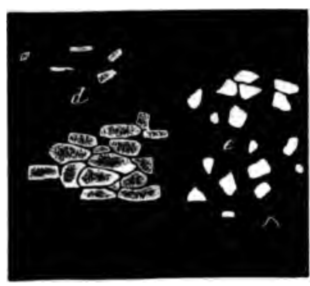


Fig. 354. — Farines de riz, de maïs et de sarrasin au microscope.

avec de l'huile d'olive, à bien étendre le mélange sur une lame de verre et à l'observer au microscope. A la lumière ordinaire, les grains de maïs paraissent bien ronds et présentent au centre un point noir bien marqué; à la lumière polarisée, ils semblent carrés et divisés en quatre par une croix noire rectangulaire. Les quatre angles sont très-brillants. Le maïs seul présente ce caractère.

Farine de graine de lin.—On fraude quelquefois la farine de froment par celle de lin, en Belgique et dans le nord de la France. Pour constater cette falsification, on délaye une petite quantité de farine sur le porte-objet d'un microscope avec quelques gouttes d'une dissolution de potasse contenant 12 pour 100 d'alcali. On observe alors de petits corps colorés, d'un aspect vitreux, d'une forme ordinairement carrée ou rectangulaire, qui sont les débris de l'enveloppe corticale de la graine de lin.

Seigle, avoine, orge.—Il est extrêmement difficile de reconnaître ces farines dans celle de froment. Les caractères physiques, les épreuves de panification et la séparation du gluten sont les moyens les plus sûrs pour reconnaître la fraude. Ainsi le seigle rend le gluten visqueux et noirâtre; l'orge le désagrége et lui donne une teinte noirâtre. Cependant quand on réussit à rencontrer dans le champ du microscope un de ces petits duvets adhérents à chaque grain de seigle et qui passent dans la farine, on peut être certain de la présence de cette céréale. En effet, les duvets du seigle sont très-nettement caractérisés, et quand on les a vus une fois on les reconnaît facilement. Mais si on ne les observe pas dans le champ du microscope, on n'est pas en droit de conclure que la farine est pure.

On constate assez facilement la présence de l'avoine par le goût du pain; on la reconnaît aussi, à l'aide du microscope, aux barbes très-longues qui proviennent des grains et restent dans la farine. Leur aspect diffère de celui des barbes du seigle. L'axe et les deux bords sont marqués par des lignes noires séparées par deux lignes brillantes.

Millet.—L'observation microscopique suffit le plus souvent pour reconnaître le millet qu'il faut chercher dans les parties les plus légères de l'amidon qui se dépose dans la préparation du gluten. Les globules du millet sont petits, paraissent ronds, plus transparents que ceux de l'avoine et présentent un point noir au centre. A la lumière polarisée, on observe un point très-brillant au centre.

Matières minérales.—La falsification de la farine de blé par les

substances minérales, heureusement très-rare, peut être facilement reconnue dans la plupart des cas à l'aide des procédés chimiques ou du microscope. Le mélange, observé au microscope, présente des particules opaques qui paraissent noires au milieu des grains transparents d'amidon. En calcinant dans un creuset de platine quelques grammes de farine suspecte, on trouvera, au lieu de 1 pour 100 environ de résidu, une proportion plus considérable, surtout lorsqu'on a introduit dans les farines des matières blanches terreuses, telles que la craie et le plâtre. Si la proportion de ces substances est de 3 ou 4 pour 100, on aperçoit dans le pain des points blancs.

Si l'on a ajouté à la farine de froment de l'alun, du sulfate de cuivre, des sels calcaires, de l'argile, du sable, du carbonate de magnésie, etc., on retrouvera ces matières dans les cendres par les procédés généralement employés et sur lesquels je ne crois pas utile d'insister ici.

Pour assurer la conservation des farines, il est indispensable qu'elles soient sèches; ordinairement on les emmagasine dans des sacs, en laissant entre eux des intervalles pour la circulation de l'air qui doit être aussi sec que possible. Lorsqu'on craint que les farines ne s'échauffent dans les sacs, il est nécessaire de les étaler sur le plancher et de les pelleter. Les farines entièrement blutées se conservent mieux que lorsqu'elles contiennent du son. Cependant le blutage pratiqué avant leur panification les rafraîchit et les rend meilleures.

Lorsqu'on a réduit par une dessiccation convenable la quantité d'eau des farines à 6 ou 8 pour 100, on les conserve dans des tonneaux bien joints et bien cerclés, afin de prévenir une nouvelle absorption d'humidité. Cette dessiccation doit s'opérer à l'aide d'un courant d'air porté graduellement de 50 à 100 degrés. Si on chauffait brusquement à 100° la farine humide, l'amidon pourrait se pelotonner et le gluten perdre en partie ses propriétés élastiques. Lorsqu'on est dans la nécessité de faire usage de farines provenant de blés germés, moisis, avariés par les pluies, il faut les sécher à l'étuve, et on parvient ainsi à obtenir un assez bon pain.

III.—PAIN.

La fabrication du pain se compose de trois opérations principales : 1° la *préparation des levains ;* 2° le *pétrissage de la pâte ;* 3° la *cuisson du pain.*

Préparation des levains.—On appelle levain une pâte fermentée, prélevée à la fin de chaque opération et qui, mêlée avec la pâte, dont on veut faire le pain, imprime à celle-ci un mouvement particulier qu'on nomme fermentation panaire. Le pain sans levain est plat, pesant et indigeste; le pain levé, au contraire, est léger, agréable, sain et nourrissant.

Parmentier, qui attachait un grand intérêt à cette première opération, recommandait d'employer des levains nouveaux pour la farine de presque tous les blés, et repoussait avec raison les levains trop avancés.

On se sert en France de deux sortes de levains : du levain de pâte et de la levure de bière. Celle-ci fournit des pâtes très-légères et un pain fort agréable, quand on l'emploie en proportion convenable ; mais si on l'ajoute à la pâte en trop grande quantité, elle communique au pain une saveur amère et désagréable.

On appelle *levain jeune* celui dont la fermentation est peu avancée, *levain fort* celui qui est arrivé au plus haut degré de fermentation, et enfin *levain vieux* celui qui devient aigre. Le bon levain est tiède ; il a une odeur vive, agréable et vineuse. Il est bombé, repousse la main quand on l'appuie à sa surface et nage sur l'eau.

L'air chaud et humide, les temps orageux accélèrent la fermentation panaire; l'air froid et sec la retarde et l'arrête quelquefois. Un mouvement violent la trouble, et l'acide carbonique, qui fait lever la pâte, s'en échappe.

Pétrissage.—Le pétrissage se compose de quatre opérations successives auxquelles on a donné les noms de *délayage, frasage, contre-frasage* et *pâtonage.*

Le pétrissage est, sans contredit, l'opération la plus importante de la panification. Parmentier a dit avec raison que plus on se donnera de peine pour pétrir la pâte, plus on obtiendra de pain et meilleur il sera.

A chaque opération, on verse dans le pétrin le levain gardé du pétrissage précédent, et on le délaye dans une certaine quantité d'eau ; puis on incorpore dans la masse encore liquide la farine destinée à fournir la pâte, jusqu'à ce que celle-ci acquière la consistance nécessaire. Dans cet état, elle n'est pas encore unie et élastique.

La quantité d'eau que l'on doit employer pour le pétrissage de la pâte dépend de la qualité des farines dont on se sert. Les farines des blés bien secs, pesants, provenant de bonnes terres

et d'un climat chaud, absorbent beaucoup plus d'eau que celles des blés de qualité inférieure. La quantité d'eau absorbée dépend aussi du pétrissage. On ne saurait donc indiquer exactement la quantité d'eau qu'il faut ajouter à la farine pour la confection du pain. On peut dire pourtant, d'une manière générale, que les bonnes farines exigent pour le pétrissage les deux tiers de leur poids d'eau.

Lorsque l'ouvrier a ajouté au levain la quantité de farine nécessaire, il agit successivement sur toute la masse de droite à gauche, puis de gauche à droite. Dès que la pâte a acquis de la consistance, l'ouvrier la divise en plusieurs pâtons qu'il travaille avec le même soin. Il étire et retourne les pâtons jusqu'à ce que ces différentes parties soient bien pétries. Pour donner à la pâte la souplesse et l'élasticité convenables, on la prend les mains serrées, on l'enlève et on la jette avec force dans le pétrin. Au fur et à mesure qu'on lui imprime ces mouvements, elle prend une apparence plus solide et acquiert de la blancheur et du volume.

Pétrissage par les pétrins mécaniques. — Le pétrissage par les mouvements musculaires est considéré par quelques boulangers comme préférable aux pétrins mécaniques; cependant il est incontestable que ceux-ci offrent de grands avantages sous le rapport de l'hygiène, de la propreté et de la régularité du travail.

Le pétrin mécanique, inventé par Lambert, et qu'on appelait la *lambertine*, est la première tentative qui ait été faite pour remplacer les bras de l'homme par une machine dans le pétrissage de la pâte. La lambertine est tout simplement un pétrin cylindrique en bois, s'ouvrant et se fermant à volonté, tournant horizontalement sur son axe, au moyen d'un volant à manivelle, d'un pignon et d'une roue d'engrenage. Pour pétrir la pâte avec cet appareil, on met le levain, la farine et l'eau dans le pétrin et l'on tourne ensuite la manivelle. On ne doit jamais faire plus de six à huit tours par minute, et la durée du travail ne doit pas dépasser quarante minutes. Dans ce procédé, l'eau et la farine se combinent sans un délayage préalable et sans le concours de l'air si nécessaire au développement de la fermentation panaire. La masse n'est agitée que dans un sens horizontal et le pétrissage est incomplet; aussi cette machine ne fut-elle employée que par un petit nombre de boulangers.

Les principaux pétrins mécaniques inventés depuis la lamber-

tine sont ceux de Cavalier et frère, de Sellignes, de Mouchot, de Ferrand, de Moret, de Boland, etc.

Le pétrin de M. Moret s'ouvre au moyen d'un couvercle à charnière, et dans les deux compartiments qui le forment on dépose les levains auxquels on ajoute la farine et l'eau nécessaires. On lui imprime ensuite un mouvement de rotation pendant environ vingt minutes. Le milieu et la fin du pétrissage sont annoncés au moyen d'une sonnette. Le mouvement de l'axe est imprimé à l'aide d'une manivelle et il est entretenu par un volant.

Voici la description du pétrisseur de M. Boland, employé à la boulangerie des hospices de Paris, et telle que la donne l'auteur lui-même :

« Sur les deux tourillons de l'axe d'un pétrin demi-cylindrique C est placé un arbre hexagone horizontal en fonte, tournant dans des coussinets mobiles et pouvant s'élever au moyen d'un quart de cercle à engrenage placé à chaque extrémité. Sa rotation a lieu au moyen d'un pignon d'une roue d'engrenage et d'un volant à manivelle. A chaque extrémité de l'arbre, dans l'intérieur du pétrin, s'élèvent à l'une et s'abaissent à l'autre perpendiculairement deux lames en fer formant rayons; ces deux lames ne

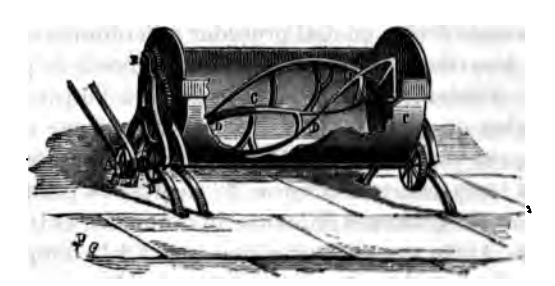


Fig. 355.—Pétrin mécanique de M. Boland.

sont pas fixées carrément à l'arbre; elles obliquent en sens inverse l'une de l'autre dans la direction de deux autres lames D,D courbées et chantournées en section de spirale. Ces dernières partent de l'extrémité supérieure de chaque lame perpendiculaire, auxquelles elles sont liées et reviennent se fixer à l'arbre vers leur base.

« Les courbes sont spiralées de manière qu'une partie de l'une parcoure la moitié de la partie intérieure du pétrin avant de se

joindre à l'arbre, et l'autre, la seconde moitié, en ramenant la pâte d'une extrémité vers l'autre. Quatre rayons courbés, deux dans la direction d'une des lames perpendiculaires et deux dans celle de l'autre, tous les quatre chantournés vers l'arbre sur chaque pan duquel ils sont répartis également, unissent l'arbre aux courbes spiralées. »

Suivant M. Boland, dans le pétrissage, la pâte ne doit être que soulevée, jamais déchirée par lambeaux. Toutes les parties de son pétrisseur soulèvent, allongent et étirent la pâte et la déplacent avec lenteur, ce qui est préférable à un mouvement rapide qui la déchire.

Les avantages du pétrissage mécanique sont incontestables; on a observé cependant que le pétrissage à bras d'homme active la fermentation; aussi dans le premier mode est-on obligé d'employer une quantité plus forte de levain.

Lorsque le pétrissage est terminé, soit par les moyens ordinaires, soit par les pétrins mécaniques, on *tourne* la pâte, c'est-à-dire qu'on la divise en pâtons dont on détermine le poids. On les saupoudre avec du remoulage, puis on les retourne et on les met dans une corbeille appelée *panneton*, garnie d'une toile et saupoudrée de fleurage. Les pâtons se gonflent graduellement sous l'influence de la température du four, et, lorsque la pâte est convenablement levée, on doit procéder à l'enfournement.

M. Mège-Mouriès a proposé un nouveau procédé de panification qui permet d'obtenir pour 100 de blé de 18 à 20 parties de pain blanc en plus que par le procédé ordinaire. Pour convertir la farine en pain par cette nouvelle méthode, on ajoute à 40 litres d'eau, à la température d'environ 22 degrés, 70 grammes de levure pure ou 700 grammes de levure du commerce et 100 grammes de glucose. Après douze heures de contact à la température de 22 degrés, le liquide est saturé de gaz acide carbonique qui, comme nous l'avons vu, précipite le ferment lactique, la céréaline. On délaye alors dans quatre parties de cette liqueur une partie de gruau bis. La fermentation a lieu immédiatement. Huit heures après l'addition des gruaux, on ajoute de l'eau (30 litres pour 15 kilogrammes de gruaux bis) et l'on passe au tamis de soie ou d'argent pour séparer le son fin. On a ainsi avec la farine blanche presque toute la partie alimentaire du grain de froment, tout en évitant les inconvénients si graves du son. Le lait de son ainsi obtenu sert à réduire la farine blanche en pâte, qui est pétrie par les procédés ordinaires et divisée, pour la mettre

dans des pannetons où elle lève. On procède ensuite à la cuisson du pain.

On peut préparer par ce procédé du pain blanc avec de la farine contenant une certaine proportion de son, pourvu que le ferment lactique soit neutralisé par une liqueur acide; et M. Mège-Mouriès a observé, dans ses nombreux essais, que l'eau de gruau favorise singulièrement la fermentation alcoolique; aussi le pain obtenu par ce procédé est-il remarquable par sa légèreté. Nous avons examiné du pain confectionné avec l'eau fermentée des gruaux bis sans l'avoir fait passer à travers un tamis. Ce pain était d'un blanc jaunâtre et d'un excellent goût; on y remarquait seulement des lamelles décolorées de son. Aussi il ne nous paraît pas nécessaire de passer l'eau de gruau pour la fabrication du pain de munition. On comprend aisément que le rendement serait encore plus élevé et la fabrication du pain plus facile.

Le pain préparé par le nouveau procédé est plus léger et plus savoureux que le pain ordinaire. Les personnes qui s'en sont nourries pendant six mois ont déclaré qu'il a une saveur agréable, qu'il est très-nourrissant et d'une digestion facile. Nous avons constaté nous-même qu'il contient autant de matières azotées que le pain ordinaire. La proportion d'eau est la même.

Cuisson du pain et fours.—Lorsque les pains sont convenablement levés et que le four est bien chauffé, il faut procéder à l'opération de l'enfournement. On saupoudre la pelle destinée à cet usage avec du petit son et l'on renverse ensuite sur celle-ci le pain contenu dans les pannetons. Les pains sont ensuite disposés par rangées régulières dans le four qu'on divise par quartiers. Le défournement a lieu généralement une demi-heure après. Le pain bien cuit présente les caractères suivants : il est ferme, a une couleur d'un jaune doré, une odeur agréable et aromatique; il résonne quand on frappe le dessous avec les doigts. La mie est élastique et résiste à la pression.

De grands perfectionnements ont été apportés depuis quelques années dans la construction et le chauffage des fours, et ces progrès ont été réalisés en grande partie par MM. Lespinasse, Carville, Rolland, Grouvelle et Mouchot, etc.

Le four de M. Lespinasse, qui a donné de si bons résultats dans les manutentions militaires, a 3 mètres 90 centimètres de longueur et 3 mètres 60 centimètres de largeur. Il ne consomme par fournée, pour la cuisson de 400 rations, que 46 kilogrammes de bois de bouleau.

Le four Carville est en briques réfractaires; il a 1 mètre 60 centimètres de diamètre, 0 mètre 60 centimètres de hauteur au centre et 0 mètre 20 centimètres de hauteur sur le pourtour. Audessous de la sole se trouve un espace présentant la forme d'un cône renversé HH, dont la base est formée par la sole. Les flammes partant du foyer F pénètrent dans cet espace conique, chauffent directement toute la sole, puis elles passent librement dans un conduit annulaire E qui règne tout autour de la partie cylindrique du four. La sole du four est formée de neuf briques

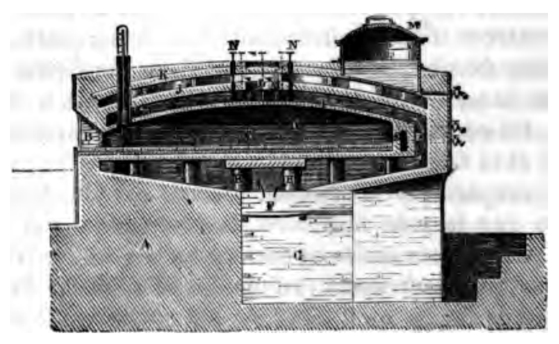


Fig. 356.— Four Carville.

réfractaires plates. Huit supports en briques sont établis au pourtour de la sole.

La calotte du four est formée par des briques réfractaires épaisses de 0 mètre 045 millimètres; elle a une température à peu près égale à celle de la sole. Ce four présente plusieurs avantages, particulièrement sous le rapport de la parfaite égalité de cuisson du pain, de l'économie de combustible, de l'emploi de toute espèce de combustible, de l'éloignement de toutes chances d'incendie et de la propreté.

Les fours aérothermes ou à circulation d'air chaud ont été perfectionnés par MM. Grouvelle et Mouchot. On peut alimenter le foyer par la houille ou le coke, puisque la fumée ne pénètre pas dans le four. L'air chaud circule dans le four en passant par des carneaux distincts de ceux que parcourt la fumée. Ces fours offrent l'avantage d'une grande propreté.

M. Coveley a proposé un four à quatre âtres mobiles, suspendus sur des traverses fixées entre deux grandes roues tournant sur un axe. Pour l'enfournement et le défournement des pains, chacun des quatre âtres est amené successivement au niveau de la

porte. Ce four peut être chauffé, comme le précédent, avec du coke.

La sole du four Rolland est formée de plaques en tôle recouvertes d'un carrelage; elle peut être élevée ou abaissée à volonté, suivant le volume ou la hauteur des pains. Le foyer du four est pratiqué dans le massif de la maçonnerie sous la sole mobile, et le four est chauffé comme une moufle sans communication avec les produits de la combustion. Comme dans le four Coveley, les diverses parties de la sole tournante arrivent devant la porte du four pour l'enfournement, le défournement et pour la surveillance de la cuisson.

Le système du four Rolland est adopté par un grand nombre de boulangers.

Théorie de la panification.—Les chimistes admettent que la panification est le résultat de la fermentation saccharine, lactique, alcoolique et acétique qui se succèdent. En effet, tout le monde sait qu'il se forme, pendant la fermentation panaire, du glucose, de l'alcool, de l'acide carbonique, de l'acide lactique et de l'acide acétique. Ces produits sont le résultat des agents de la panification sur l'amidon, le glucose et peut-être le gluten.

Dans le délayage de la farine, l'eau hydrate l'amidon et le gluten et dissout les principes solubles. Le pétrissage complète ces réactions, rend le mélange plus intime et introduit de l'air dans la pâte. Sous l'influence d'une douce température, la fermentation se développe et l'acide carbonique qui se produit, étant enveloppé d'une pâte visqueuse, la soulève et s'accumule dans les petites cavités qu'il produit. C'est l'acide carbonique qui boursoufle la pâte, la divise en cellules et la rend d'une cuisson plus facile.

Si l'on prolongeait trop longtemps la fermentation, la trop grande quantité d'acide carbonique diminuerait la consistance de la pâte. Il faut donc en arrêter le dégagement lorsque le gonflement est parvenu au terme convenable. Il s'opérerait d'ailleurs, suivant M. Mège-Mouriès, diverses réactions sur les éléments de la farine par suite de la céréaline qui joue, comme on l'a vu, le rôle de ferment lactique.

Aussitôt après l'enfournement, la fermentation alcoolique, qui tend à devenir lactique, s'arrête, une portion de l'eau s'évapore, les gaz se dilatent, les grains d'amidon se gonflent et éclatent, une partie de l'eau se combine avec la farine et le pain augmente de volume en hauteur. Suivant M. Dumas, la quantité de sucre

qui se transforme en alcool et en acide carbonique dans la fermentation panaire est très-faible, et l'acide carbonique, qui peut être représenté par la moitié du volume du pain, y reste tout entier. Ainsi un centième du poids de la farine suffirait pour fournir cette quantité d'acide carbonique. Il en résulte que la quantité d'alcool qui se produit est également très-faible.

Le pain doit avoir une couleur dorée; la croûte doit être bien cuite, unie et adhérente à la mie. Le pain bien fabriqué a une odeur agréable, légèrement sucrée, se broie facilement dans la bouche et se gonfle dans l'eau. Il se dessèche au contact de l'air chaud et se ramollit à l'air humide. Il est léger, sonore, et la mie est d'un blanc jaunâtre, élastique, spongieuse et parsemée de trous d'une forme inégale. Le pain mal cuit a une mie pâteuse, peu élastique; celui qui n'a éprouvé qu'une fermentation incomplète est pesant, compacte et a la forme d'une galette, et enfin le pain trop fermenté est aigre et amer. Quelques personnes prétendent que le pain bis, lourd et compacte, séjournant plus longtemps dans l'estomac, est plus nutritif que le pain blanc, bien fermenté et bien cuit. Nous ne saurions partager cet avis. Nous croyons, au contraire, d'une manière générale, que le pain léger, bien pétri, offrant une grande surface, se dissout mieux dans le tube digestif et est plus nourrissant. On observe pourtant que si le pain blanc, délicat, nourrit bien les hommes faibles, il convient moins aux hommes vigoureux dont les forces digestives sont énergiques. Il faut pour ceux-ci un pain qui séjourne longtemps dans l'estomac et qui leste en quelque sorte cet organe. Aussi le pain bis et le pain de munition bien confectionnés conviennent-ils aux habitudes, à l'âge et à la vigueur de nos soldats.

D'une manière générale, il convient de ne manger le pain que vingt-quatre heures après sa cuisson et lorsqu'il est bien ressué. Dans aucun cas on ne doit le manger chaud. La distribution du pain de munition n'a lieu que vingt-quatre heures après qu'il a été confectionné. Le pain se dessèche au contact de l'air. D'après les expériences récentes de M. Rivot, la mie conservée dans une capsule, à la température de 18 à 20 degrés, perd progressivement de son poids, d'abord rapidement, puis très-lentement et n'arrive à un état hygrométrique stationnaire qu'au bout de huit à neuf jours. Elle retient alors environ 10 pour 100 d'eau. Le durcissement du pain conservé est le résultat de la dessiccation et il ne se passe alors aucune réaction chimique.

ANALYSE DU PAIN.

Le pain est formé, comme la farine, d'eau, d'amidon, de sucre, de dextrine, de matières azotées, grasses et salines.

Le degré d'hydratation du pain doit toujours être rigoureusement fixé. La croûte et la mie contenant des quantités très-inégales d'eau, il est nécessaire de prélever un morceau de pain qui représente exactement le pain tout entier; pour cela, on divise le pain en deux parties symétriques et l'on opère sur le quart. Ce pain est ensuite chauffé dans une étuve à courant d'air, à 120°, jusqu'à ce que son poids ne varie plus. La mie devient légèrement jaune à la surface.

Immédiatement après la pesée, on sépare avec soin la croûte et la mie; on les pèse séparément et on les divise à la main en très-petits fragments. Les proportions de mie et de croûte varient suivant le degré de cuisson, la forme, le pétrissage, la quantité d'eau, la nature des farines, etc. D'après M. Rivot, les pains de 2 kilogrammes contiennent de 70 à 75 pour 100 de mie, les pains de fantaisie plus allongés de 60 à 70 pour 100. Le rapport de la croûte à la mie est, pour les premiers, de 0,43 à 0,33, et pour les autres de 0,60 à 0,43.

Le pain de bonne qualité, bien cuit, contient de 33 à 36 pour 100 d'eau. La mie en renferme de 42 à 46 pour 100, et la croûte de 18 à 20. Le pain de munition fournit ordinairement de 37 à 39 pour 100 d'eau. Généralement les pains dont la croûte est brûlée retiennent beaucoup d'eau dans la mie; ceux qui sont cuits lentement, et dont la croûte est bien colorée, en renferment moins.

La quantité de pain fournie par un poids déterminé de farine dépend des qualités du blé, du pétrissage, de la forme des pains et du degré de cuisson. 100 kilogrammes de farine peuvent donner de 130 à 140 kilogrammes de pain.

L'incinération du pain offre des difficultés et exige de grandes précautions; on a, en effet, à redouter la perte des sels qui peuvent être entraînés par les produits volatils, et on a souvent beaucoup de peine à faire disparaître les traces de charbon qu'abritent les sels alcalins. On n'y parvient même quelquefois qu'en chauffant le pain jusqu'au rouge sombre dans une capsule de porcelaine. La capsule, placée dans le fond de la moufle, doit être inclinée vers l'entrée pour que l'air puisse mieux agir sur le char-

bon. Lorsque les cendres tendent à s'agglomérer, on laisse refroidir la capsule, on porphyrise les matières et on recommence l'incinération à une température moins élevée.

Les cendres de pain sont formées de phosphates de potasse, de chaux, de chlorures alcalins, d'oxyde de fer, de silicates alcalins, d'acide silicique et d'argile. En dosant le chlore qu'on trouve dans les cendres, on peut évaluer la quantité de sel marin employée dans la confection du pain.

Pour avoir la proportion de matières azotées, on fait digérer à 60°, au bain-marie, 100 grammes de pain desséché avec la diastase, afin de détruire tout l'amidon. Pour cela, on doit prolonger le contact jusqu'à ce que la liqueur cesse de se colorer en bleu ou en violet par l'iode ; on recueille alors le gluten sur une toile et, après plusieurs lavages, on le sèche. On obtient ainsi une substance insoluble dans l'eau, légèrement élastique, translucide, cassante, soluble dans la potasse et dans l'acide azotique. L'amidon est dosé à l'état de sucre par le tartrate de cuivre potassique. Par une autre expérience on obtient, si l'on veut, la quantité de glucose et de dextrine, en faisant macérer dans l'eau froide le pain réduit en poudre. On filtre et on fait évaporer la liqueur jusqu'à siccité. La séparation de la dextrine et du sucre s'opère par le procédé indiqué.

Le dosage des substances azotées par la méthode de MM. Will et Warrentrapp, modifiée par M. Péligot, est d'une exécution si facile et donne des résultats tellement précis qu'on devra y avoir recours toutes les fois qu'on pourra le faire.

On peut aussi doser l'amidon et les substances congénères en faisant bouillir une quantité déterminée de pain dans l'eau acidulée par l'acide sulfurique, et en traitant la liqueur par le tartrate de cuivre potassique titré.

Le dosage des matières grasses se fait, en traitant le pain parfaitement desséché par l'éther rectifié dans un appareil à déplacement.

Je donne, dans le tableau suivant, le classement des pains distribués aux soldats des puissances européennes, d'après la quantité de matière azotée qu'ils contiennent.

PROVENANCE.	100 gr. de pain desséchés à 120° contiennent:	
	Azote.	Matières azotées calculées.
Pain de munition de Paris.....................	2gr 26c	14gr 69c
— du grand-duché de Bade........	2 24	14 56
— du Piémont....................	2 19	14 23
— de Hollande	2 07	13 45
— d'Autriche....................	1 58	10 27
— de Francfort..................	1 44	9 36
— de Bavière....................	1 32	8 73
— de Prusse.....................	1 12	7 28

ALTÉRATIONS ET FALSIFICATIONS DU PAIN.

Le pain conservé pendant quelques jours est sujet à des altérations spontanées qui le rendent insalubre. Sous l'influence de la température, de l'eau et des levains acides, il se développe souvent dans cet aliment des végétations cryptogamiques d'un vert foncé et d'une odeur spéciale appartenant à la famille des champignons. Parmi ces cryptogames, l'espèce la plus commune est celle qu'on désigne sous le nom de *mucor mucedo*. Quand on examine cette végétation au microscope, on observe que les larges touffes qu'elle forme sont composées de pédicules simples, grêles, allongés et portant à leur sommet un corps globuleux et membraneux qui est le réceptacle. Cet organe se remplit de grains par la maturité; il se brise avec élasticité dans l'eau, et les sporules qui en sortent forment une espèce de chapelet. Cette plante présente des colorations différentes suivant le degré de maturité des sporules.

Une commission nommée par le ministre de la guerre a observé, à Paris, en 1843, que le pain de munition se couvrait du jour au lendemain d'une sorte d'efflorescence rouge et exhalait une odeur nauséabonde. MM. Payen et de Mirbel reconnurent au microscope que cette substance rougeâtre était composée de corpuscules arrondis et qui étaient les sporules d'un champignon, l'*oïdium aurantiacum*. Ces semences, comme celles du *mucor mucedo*, se développaient sur les pains avec une grande rapidité et pouvaient supporter une température de 100°, sans perdre leur propriété germinative. La commission proposa, pour prévenir cette altération, de diminuer la quantité d'eau dans le pain,

d'augmenter la dose de sel et de distribuer cet aliment douze heures après sa sortie du four.

La matière amylacée du pain est détruite par ces champignons; elle se transforme en eau et en acide carbonique, tandis que les substances minérales, azotées et grasses sont assimilées et alimentent le végétal. On trouve, en effet, dans celui-ci, par l'analyse chimique du phosphate de chaux, une matière grasse et une substance azotée.

On a préparé, le 8 avril 1856, à la Manutention militaire de Paris, du pain de munition d'un bleu noirâtre avec des farines provenant de blés durs d'Afrique charançonnés, et de blés de qualité inférieure de Smyrne et de Salonique. J'ai constaté que ce pain ne contenait aucune substance inorganique, telle que fer, iode, cuivre, etc., susceptible de produire cette coloration, et j'ai reconnu dans ce pain, à l'aide du microscope, une quantité innombrable d'infusoires du genre *Bacterium* de Dujardin. On n'a pas observé ces infusoires dans le biscuit fabriqué avec les mêmes farines; la coloration bleue et les infusoires ne se manifestaient qu'après la fermentation, la cuisson et le refroidissement. Le gluten des farines qui ont produit ce phénomène si remarquable était mou, coloré, désagrégé et répandait une odeur désagréable. Nous avons donc pensé que la production de ces infusoires coïncidait avec l'altération du gluten sous l'influence de la fermentation et de la cuisson.

On doit rejeter l'usage du pain qui contient des moisissures; en effet, plusieurs observateurs ont rapporté un grand nombre d'empoisonnements causés par le pain moisi. Ainsi M. Gohier a signalé l'empoisonnement de trois animaux qui avaient mangé du pain moisi; M. Westerhoff a fait connaître, en 1826, l'empoisonnement de deux enfants qui avaient pris du pain de seigle contenant du *mucor mucedo*, et M. Petry a publié quelques expériences faites sur des chevaux vigoureux qui ont succombé quelques heures après avoir mangé du pain moisi.

Le pain préparé avec des farines altérées par la carie, l'ivraie et le charbon, a une couleur brune, une saveur amère et une odeur désagréable. Les blés avariés par le charançon, par l'eau ou par une cause quelconque, fournissent un pain brun, amer, peu nourrissant et, par conséquent, impropre à l'alimentation de l'homme.

Lorsqu'on traite par l'alcool le pain contenant de l'ivraie, du charbon, de la carie, etc., et qu'on évapore au bain-marie la

liqueur alcoolique filtrée, on obtient un extrait qui a une saveur âcre et amère.

On ajoute quelquefois à la pâte du riz concassé, préalablement soumis à la cuisson et transformé en empois. Le pain ainsi préparé contient de 7 à 8 pour 100 d'eau de plus que le pain ordinaire. Il est donc important de déterminer exactement la proportion d'eau. Si tous les grains d'amidon ne sont pas déformés par la cuisson, on apercevra au microscope les grains anguleux et demi-transparents du riz.

Un observateur expérimenté peut constater dans le pain la présence des légumineuses, en délayant dans une très-petite quantité de solution de potasse, contenant 12 pour 100 d'alcali, un peu de mie de pain; par l'observation microscopique, on verra le tissu cellulaire propre aux légumineuses, tandis que les grains d'amidon auront disparu. Ces recherches étant délicates, il faut se prononcer avec réserve et se familiariser d'abord avec ces manipulations, en agissant sur de la farine de légumineuses pure. Du reste, pour toutes les fraudes, il est très-utile de comparer les produits suspects à des produits d'une provenance certaine.

Lorsqu'on traite le pain, qui contient de la farine de fèveroles ou de vesces, successivement par l'acide azotique et par les émanations ammoniacales, on voit des traînées colorées en rose. Cette coloration n'apparaît quelquefois qu'au bout d'un quart d'heure.

Pour reconnaître la fécule de pommes de terre dans le pain, on met sur le porte-objet d'un microscope un petit fragment de mie de pain et on y ajoute deux ou trois gouttes de solution de potasse contenant 1,75 pour 100 d'alcali. On aperçoit alors les plaques caractéristiques de la fécule, si le pain est fraudé par cette substance.

On introduit quelquefois dans le pain des matières minérales, telles que le sulfate de cuivre, l'alun, le carbonate de magnésie, le carbonate de soude, le carbonate d'ammoniaque, les sels calcaires, etc.

La fraude par le sulfate de cuivre est assez commune en Belgique et dans le département du Nord. Elle paraît avoir pour objet d'économiser la levure et de faire lever le pain avec des farines altérées. Pour déceler la présence de ce sel, on calcine dans un creuset le pain et l'on traite le résidu par l'acide azotique étendu d'eau. La solution étant filtrée doit donner un précipité d'un brun-marron par le cyanoferrure de potassium, un précipité noir par l'acide sulfhydrique et un précipité bleuâtre d'a-

bord, puis une liqueur bleue par l'ammoniaque. Un fil de fer bien décapé, plongé dans la liqueur, ne tarde pas à se couvrir d'une couche rouge de cuivre. Pour reconnaître le cuivre dans le pain, il suffit même de déposer sur la mie du pain rassis, présentant une surface bien lisse, une goutte d'une solution de cyanoferrure de potassium ; on aperçoit presque immédiatement une tache d'un rose pâle.

L'emploi de l'alun est très-commun en Angleterre ; les boulangers de Londres particulièrement font, ainsi que je m'en suis assuré, un usage constant de ce sel dans la préparation du pain. L'hygiène repousse une pratique aussi blâmable. On reconnaît l'alun introduit dans le pain en faisant macérer cet aliment dans l'eau pendant quelques heures et en agitant souvent. On filtre ensuite et on lave. Puis on fait évaporer jusqu'à siccité la liqueur et on reprend le résidu sec par une petite quantité d'eau distillée. Le liquide filtré une seconde fois donnera, par le chlorure de baryum, un précipité blanc insoluble dans les acides et un dépôt floconneux abondant d'hydrate d'alumine par l'ammoniaque. On n'obtient pas ces réactions avec le pain pur.

Les carbonates de chaux, de magnésie, d'ammoniaque, de soude, le sulfate de chaux, etc., se reconnaissent par les méthodes généralement employées.

POGGIALE.

FÉCULES, AMIDON, DEXTRINE, ETC.

I.—NATURE ET ORIGINE DES MATIÈRES AMYLACÉES EMPLOYÉES DANS LES ARTS.

Les végétaux renferment dans les cellules qui concourent, avec les fibres ligneuses, à la formation de leurs divers tissus, une substance particulière, isomère de la cellulose, mais douée de caractères propres et à laquelle les chimistes donnent le nom de *matière amylacée.*

Identique, dans tous les cas, au point de vue de la composition chimique, et correspondant toujours à la formule $C^{12}H^{10}O^{10}$, aussi bien lorsqu'elle est fournie par les racines que lorsqu'elle est extraite des graines de la plante, la matière amylacée présente dans sa structure et dans son aspect physique des différences importantes. Elle affecte d'une manière générale la forme de granules disséminés d'une manière irrégulière dans les cellules qui les emprisonnent; chacun de ces granules est composé de couches concentriques s'arrondissant autour d'un point, tantôt unique, tantôt double, le *hile*, qui semble avoir servi de communication entre le granule et les liquides chargés, par les organes du végétal vivant, de concourir à son accroissement. Cette structure intérieure des granules de matière amylacée, ces formations successives peuvent être aisément mises en évidence grâce à la propriété qu'ils possèdent d'être désagrégés par une chaleur convenable; si, en effet, on soumet l'un d'eux à une température de 200° environ, et si ensuite on le mouille par l'eau, après l'avoir placé sur le porte-objet d'un microscope puissant, on voit le liquide, pénétrant peu à peu les couches successives, les gonfler les unes après les autres et les séparer comme l'indique la fig. 357.



Fig. 357.—Grain de fécule désagrégé sous le microscope.

Les granules de matière amylacée varient dans leur forme comme dans leurs dimensions; tantôt ils sont sphériques, tantôt elliptiques, tantôt polyédriques, tantôt enfin leur aspect ne présente aucune régularité; les uns,

comme ceux qu'on extrait de la pomme de terre, mesurent 0m,180 à 0m,145; les autres, comme ceux que l'on retire de la graine de betterave, n'atteignent pas plus de 0m,004; d'autres enfin, comme ceux du blé tenant le milieu entre ces deux extrêmes, mesurent 0m,045 à 0m,050 de diamètre.

La matière amylacée n'est point répartie d'une manière uniforme dans toutes les parties des végétaux; absente ou du moins peu abondante au milieu des fibres ligneuses, elle se rencontre surtout dans les portions charnues, telles que les racines et les graines. Dans les premières, elle est généralement isolée; dans les secondes, au contraire, elle est presque toujours accompagnée par une matière azotée, plastique et insoluble dans l'eau qu'on nomme le *gluten*. A côté de cette substance se rencontrent encore la dextrine, le glucose, produits de transformation de la matière amylacée, des sels minéraux et quelques matières accessoires et d'une faible importance.

L'industrie, d'une part, l'alimentation, d'une autre, utilisent, dans de grandes proportions, la matière amylacée de certains végétaux, et les produits que ceux-ci fournissent, malgré l'identité de leur composition, sont habituellement désignés sous des noms particuliers. L'amidon, la fécule, l'arrow-root, etc., sont les plus usuels. Un certain ordre préside d'ailleurs à la distribution de ces noms; on désigne plus généralement sous celui de fécules la matière amylacée extraite des racines tuberculeuses et notamment de la pomme de terre; sous le nom d'amidons, celle qui provient des graines des légumineuses, des céréales et principalement du blé.

Parmi ces variétés de matière amylacée, les unes trouvent dans les arts des applications considérables, tandis que leur emploi dans l'alimentation ne présente qu'une importance secondaire, tels sont la fécule de pommes de terre et l'amidon du blé; les autres, au contraire, produits exotiques importés des pays chauds en Europe, sont spécialement réservées à l'alimentation : tels sont l'arrow-root, le tapioca, le sagou, le salep, etc. C'est à l'étude de la fabrication industrielle des deux premiers que nous consacrerons nos soins principaux, sans négliger cependant les procédés suivis pour l'extraction des seconds et ceux mis en usage pour préparer avec la fécule de pommes de terre des produits destinés à les imiter.

L'industrie des pâtes alimentaires naturelles ou artificielles devra aussi fixer quelques instants notre attention, car les pro-

duits qu'elle fabrique se rattachent autant par leur composition que par leurs propriétés à la matière amylacée et au gluten.

Enfin, la transformation de cette même matière sous l'influence de la chaleur nous fournira d'intéressants sujets d'étude, et nous montrerons par quels moyens l'industrie prépare la dextrine, le leïocomme, la pyrodextrine dont les arts tirent aujourd'hui un parti si précieux.

II.—AMIDON.

PRINCIPE DE L'EXTRACTION DE L'AMIDON.

Le blé, le riz et le maïs sont tous trois employés pour la production industrielle de la matière amylacée désignée habituellement sous le nom d'amidon; de ces trois matières, le blé est celle dont l'utilisation est à la fois la plus ancienne et la plus généralement répandue; les Romains connaissaient l'art d'extraire l'amidon du blé et de l'employer comme matière agglutinative; et aujourd'hui encore, c'est au blé que les arts en France, en Angleterre, en Allemagne, etc., demandent l'amidon qu'exigent leurs manipulations. En Amérique, il n'en est point de même; le maïs ou blé de Turquie (*Indian corn*) est employé, dans ce but, d'une manière presque aussi générale, et les opérations auxquelles il est soumis sont identiques à celles que les amidonniers européens exécutent sur le blé. Enfin, depuis une quinzaine d'années, en Angleterre et surtout en Écosse, on pratique avec succès et sur une grande échelle l'extraction de l'amidon du riz.

Les graines que nous venons de nommer présentent, au point de vue de leur structure physique, une grande analogie; mais au point de vue des proportions relatives des principes immédiats qui les composent, elles offrent des différences très-considérables. Chacune d'elles, en effet, est essentiellement formée d'abord d'une enveloppe corticale dure, composée de cellulose, dans laquelle sont venus s'accumuler des sels minéraux et des matières grasses : c'est cette enveloppe que l'on nomme le *son ;* puis d'une masse cellulaire dans laquelle se pressent les granules d'amidon, le gluten, la dextrine, etc.; mais les proportions de ces différents principes varient considérablement suivant l'espèce de la graine, la manière dont elle a végété, etc. C'est ce que montre nettement le tableau suivant que nous empruntons aux recherches de M. Payen sur la composition des différentes farines.

	Amidon.	Gluten et autre matière azotée.	Dextrine, glucose, etc.	Matières grasses.	Cellulose.	Silice et sels.
Blé dur de Venezuela.....	58.12	22.75	9.50	2.61	4.00	3.02
— d'Afrique............	64.57	19.50	7.60	2.12	3.50	2.71
— de Taganrock.........	63.30	20.00	8.00	2.25	3.60	2.85
— demi-dur de Brie......	68.65	16.25	7.00	1.95	3.40	2.75
— blanc tuzelle..........	75.31	11.65	6.05	1.87	3.00	2.12
Seigle	65.65	13.50	12.00	2.15	4.10	2.60
Orge.....................	65.43	13.95	10.00	2.76	4.75	3.10
Avoine...................	60.59	14.39	9.25	5.50	7.06	3.25
Maïs.....................	67.55	12.50	4.00	8 80	5.90	1.25
Riz......................	89.15	7.05	1.00	0.80	1.10	0.90

Si l'on considère quelle est la nature et quelles sont les propriétés des différents principes que nous venons d'énumérer, on reconnaît bientôt que deux d'entre eux seulement doivent préoccuper au point de vue de l'industrie qui nous occupe ; ce sont l'amidon et le gluten; les autres, en effet, sont faciles à entraîner soit par l'action dissolvante de l'eau, soit par des actions mécaniques appropriées. C'est donc sur la séparation de l'amidon et du gluten que nous devons fixer notre attention. Pour obtenir ce résultat, on peut suivre deux marches totalement différentes; dans le premier cas, on rend le gluten soluble pour en débarrasser l'amidon ; dans le second, on profite de sa plasticité pour le séparer mécaniquement de celui-ci. De ces deux principes dérivent quatre méthodes que nous devons examiner successivement : la première, employée de temps immémorial en France, rend le gluten soluble et désagrége le grain en l'abandonnant à la fermentation ; la seconde, pratiquée surtout en Alsace, sépare le gluten de l'amidon en pulvérisant sous des meules de fonte le grain préalablement gonflé par l'eau; la troisième, application ingénieuse du procédé suivi dans les laboratoires et due à M. Martin, de Grenelle, permet de recueillir, par un malaxage mécanique bien entendu, le gluten et l'amidon ; la quatrième, enfin, utilisée en Angleterre pour le traitement du riz, opère la dissolution du gluten au moyen d'agents chimiques employés en solution étendue.

PROCÉDÉ PAR FERMENTATION.

Lorsqu'on abandonne au contact de l'eau et d'un ferment con-

venable des grains de blé ou de maïs, une réaction chimique ne tarde pas à se produire; gonflés par l'eau qui les pénètre, les grains deviennent perméables et laissent arriver le ferment au contact de la dextrine, du glucose et du gluten qui accompagnent l'amidon; sous cette influence ceux-ci ne tardent pas à entrer en fermentation; des acides lactique, butyrique, acétique, carbonique, etc., de l'ammoniaque prennent naissance; le gluten se transforme en produits solubles, et le grain se désagrégeant peu à peu, la matière amylacée, que les cellules détruites n'emprisonnent plus, se présente sous la forme de matière molle et pâteuse qui conserve encore l'aspect du grain, mais qu'aucune matière adhérente n'attache plus à l'enveloppe corticale. Ce résultat une fois atteint, on lave la masse à plusieurs eaux successives; le son léger remonte à la surface, tandis que l'amidon plus dense se précipite à la partie inférieure, et peu à peu, la matière se débarrassant par ces lavages et ces décantations des impuretés qui la souillent, acquiert cette apparence de blancheur et de propreté que nous lui connaissons.

Ce procédé est applicable dans tous les cas, il permet de tirer un parti précieux des blés échauffés dont l'emploi est exclu de la boulangerie; jusqu'au commencement de ce siècle même, la loi interdisait aux amidonniers d'employer pour leur industrie des blés propres à la confection du pain; les griots, les recoupettes, les blés avariés lui étaient seuls réservés. Aujourd'hui, il n'en est plus de même, cette profession est libre; elle n'emploie plus ni griots ni recoupettes, car grâce aux perfectionnement réalisés depuis une vingtaine d'années par la meunerie anglaise, il ne reste plus rien à retirer de ces résidus; mais elle emploie tantôt des blés avariés, tantôt des blés de bonne qualité; dans les années de bonne récolte, elle achète directement ces derniers; dans celles où la récolte est mauvaise, elle profite des blés provenant de l'importation et qui se sont échauffés durant le transport.

La fabrication de l'amidon par la fermentation est conduite aujourd'hui de la manière suivante : le blé (avarié ou non) est d'abord nettoyé; dans ce but, on l'introduit dans une *ramonerie* munie d'un ventilateur; il tombe de là sur une grille animée d'un mouvement rapide de va-et-vient et qui permet la séparation du petit blé; celui-ci est mis à part et vendu pour la nourriture des oiseaux de basse-cour. A l'extrémité de la grille, le grain passe entre deux cylindres concasseurs, dont l'écartement est calculé de manière à le briser en trois ou quatre fragments.

Une fois préparé de cette façon, le grain est porté à la cuve de fermentation; celle-ci est rectangulaire, mesure 1 mètre 20 centimètres de hauteur environ et peut contenir 6,000 kilogrammes de blé. Là, le grain est recouvert d'*eau sure* en quantité suffisante pour que la masse entière se trouve noyée. Sous le nom d'*eau sure des amidonniers*, on désigne le liquide restant après chaque fermentation et qui, renfermant les différents produits de décomposition dont nous avons parlé plus haut, apporte les éléments nécessaires pour mettre à son tour en fermentation le grain nouvellement introduit dans la cuve. L'eau sure, en général, est étendue de deux ou trois fois son volume d'eau avant d'être ajoutée sur le grain. On peut, du reste, fabriquer une *eau sure* artificielle en prenant 1 kilogramme de levain de boulanger, le délayant dans 10 ou 12 litres d'eau chaude, l'abandonnant pendant deux jours à la fermentation spontanée et l'étendant ensuite d'eau pour l'amener à la force voulue.

La fermentation, pour être complète, exige de quinze jours à un mois, suivant la force du levain et l'élévation de la température, on reconnaît qu'elle est complète lorsque le grain s'écrase aisément sous le doigt et se sépare de son envelóppe corticale. Il n'y a plus alors qu'à effectuer cette séparation d'une manière complète; on y parvient soit par l'emploi des plans inclinés qui, plus usités pour l'extraction de la fécule que pour l'amidon, seront décrits avec détail à propos de cette industrie (voy. p. 417), soit en se servant, et c'est là le cas le plus habituel, de tamis à main de plus en plus fins.

Ces tamis sont assez grands pour pouvoir contenir 20 à 30 litres de liquide; ils sont munis de toiles métalliques, et la finesse de ces toiles va toujours en augmentant à partir du n° 50 jusqu'au n° 120[1]. Quelquefois ils sont munis d'une petite manivelle M et d'un axe vertical portant deux palettes horizontales mobiles S, S' et frottant directement sur la matière que porte la toile métallique. Dans chacun de ces tamis, après l'avoir placé sur un cuvier propre, on jette un seau de matière amylacée impure, puis quatre ou cinq seaux d'eau, et l'on agite vive-



Fig. 358.—Tamis à main pour la séparation des grains d'amidon.

[1] Le numéro des toiles métalliques indique le nombre de fils contenus dans une longueur de $0^m,027^{mm}$.

ment soit à la main, soit au moyen de la manivelle; l'eau passe à travers la toile métallique entraînant les granules fins d'amidon, tandis que les matières grossières, le *son*, restent à sa surface. Cette première opération est loin de suffire pour séparer d'une manière complète le son de l'amidon; aussi, tandis que l'on procède à l'épuration de la matière qui a passé à travers le tamis, faut-il reprendre les sons pour les délayer et les tamiser de nouveau, de manière à en retirer toute la substance utile.

On laisse reposer une journée l'eau chargée d'amidon; la matière se dépose à la partie inférieure, mais elle est encore colorée; le lendemain, on lui fait subir le premier *rafraîchi;* pour cela, on décante l'eau qui la surnage, on la remplace par de l'eau fraîche, on brasse vivement le tout pendant vingt minutes environ, puis on laisse reposer. Pendant ce repos, les matières se superposent par ordre de densité; l'amidon pur et blanc se rend à la partie inférieure, tandis que les portions supérieures, moins pures, restent souillées de débris de son, etc., et présentent une coloration assez forte; cette couche supérieure constitue ce que les amidonniers nomment les *gras*. On laisse reposer trois jours, puis on sépare ces gras avec des pelles en bois, et on les met à part pour les traiter de nouveau, en les passant sur des tamis plus fins; les gras enlevés, on réunit le contenu de deux cuviers sur un seul et l'on donne un nouveau rafraîchi. Trois jours après, on enlève encore les gras, puis on passe les *blancs*, c'est-à-dire l'amidon pur au tamis de soie n° 120; on laisse encore reposer trois jours, on enlève les derniers gras, et enfin on s'occupe de donner à l'amidon ainsi purifié la forme commerciale. Quant aux portions impures recueillies successivement, on les soumet au même traitement que ci-dessus, de manière à les purifier autant que possible; elles servent surtout à préparer de l'amidon de deuxième qualité.

Les *blancs*, préparés comme nous venons de le dire, sont versés dans de petits bacs ovales ou *bachots* en bois, de 28 centimètres de hauteur environ sur 50 centimètres de longueur et 34 centimètres de largeur; ces bacs sont percés, à la partie inférieure, de trous destinés à l'écoulement de l'eau, et revêtus intérieurement de toiles grossières faisant fonction de filtres. L'amidon reste dans ces sortes de caisses jusqu'à ce qu'il soit bien égoutté; lorsqu'il en est ainsi, on le monte, dans la caisse même, au séchoir; là, on renverse le bachot sur le sol formé d'une aire en plâtre perméable, puis on l'enlève, ainsi que la toile, de manière à laisser un petit bloc ovale d'amidon; celui-ci est partagé ensuite en

quatre segments égaux, et les quatre petits pains ainsi obtenus sont abandonnés sur l'aire en plâtre pendant vingt-quatre heures, pour s'y débarrasser de leur première humidité. Repris au bout de ce temps, ils sont placés dans un séchoir, à l'air libre, sur des claies pour s'y dessécher, s'y *ressuyer*, suivant le terme technique. Une fois ressuyés, les pains d'amidon subissent l'opération du ratissage, qui a pour but de débarrasser leur surface des malpropretés qui ont pu venir la souiller pendant l'*égouttage*, le *séchage* et le *ressuyage*. Enfin, on procède à la dessiccation complète désignée sous le nom d'*étuvage ;* pour cela, chaque pain, préalablement enveloppé d'une feuille de papier maintenue par une cordelette, est porté dans une étuve où, pendant cinq jours, il est soumis à l'action desséchante d'un courant d'air chaud dont la température ne dépasse pas 35° dans les premiers moments, mais atteint 80° vers la fin.

Au sortir de l'étuve, les pains d'amidon qui pèsent 3k,500 à 3k,750, sont abandonnés quelque temps à eux-mêmes avant d'être livrés au commerce ; sans cette précaution, ils seraient susceptibles de se briser avec trop de facilité, et de se séparer trop vite en ces petits prismes de 5 à 6 centimètres de hauteur qui font donner au produit obtenu de cette façon le nom d'*amidon en aiguilles*. Cette séparation n'aurait d'ailleurs d'autre inconvénient que d'ôter à cet amidon un caractère qui est une garantie de sa pureté; en effet, les granules de l'amidon du blé ont une forme lenticulaire qui les rend adhérents les uns aux autres, et c'est par suite de cette adhérence que la masse, lorsqu'elle éprouve le retrait que lui fait subir la dessiccation, se sépare en prismes analogues aux basaltes au lieu de tomber en poussière. La fécule se comporte d'une manière toute différente ; aussi les amidons, dans lesquels cette matière a été introduite, ne présentent-ils nullement l'aspect cristallin de l'*amidon en aiguilles*.

PROCÉDÉ PAR LE BROYAGE.—AMIDON MARRON.

Ce procédé, très-employé en Alsace et surtout aux environs de Strasbourg, est basé sur la séparation mécanique du gluten et de l'amidon ; le produit qu'il fournit n'est jamais aussi beau que celui préparé par les autres procédés, et c'est à cela qu'il doit le nom commercial d'*amidon marron*. Il se présente en *briques* formées de gros prismes très-courts, très-fragiles, se réduisant en fine poussière sous le moindre effort, et tout à fait semblables à ceux que l'on obtiendrait en ajoutant de la fécule à l'amidon; pré-

paré comme ci-dessus. l'amidon marron est d'ailleurs presque toujours mélangé avec cette substance.

On fabrique l'amidon marron de la manière suivante : le blé nettoyé est mis à tremper dans l'eau ordinaire, où on l'abandonne pendant trois, quatre ou cinq jours, suivant sa nature ; ce temps est nécessaire pour que le grain soit parfaitement gonflé et tuméfié par l'eau ; on le porte alors sous une paire de meules verticales en fonte de 1 mètre de diamètre environ ; celles-ci roulent dans une auge circulaire de même matière dont les bords relevés se continuent en une toile métallique à mailles larges. Le grain gonflé par l'eau est jeté sous ces meules ; sous l'influence du broyage, ses différents éléments se séparent et cette séparation est activée par des filets d'eau qui viennent se répandre sur la pulpe ; l'eau, chargée d'amidon, passe à travers la toile métallique et tombe dans une gouttière dont l'auge est entourée et qui la conduit à un réservoir commun ; le son retenu, pour la plus grande partie, dans l'auge, y reste mélangé avec le gluten qui, pris et repris par les meules, dans leur mouvement de rotation, se sòude sur lui-même et résiste à l'action de l'eau qui tend à l'entraîner avec l'amidon. Le produit ainsi obtenu est très-impur ; l'amidon, en passant à travers la toile métallique qui, pour la réussite de l'opération, doit être peu serrée, entraîne beaucoup de son ; on le purifie par le tamisage et l'on termine sa fabrication par des lavages identiques à ceux que nous avons décrits pour le procédé précédent.

PROCÉDÉ PAR MALAXAGE.—EXTRACTION DU GLUTEN.

On doit à M. Martin, de Grenelle, une machine extrêmement ingénieuse qui permet de réaliser sur une échelle industrielle le procédé de séparation du gluten et de l'amidon usité dans les laboratoires. Les *Notions de chimie* apprennent que ce procédé consiste à prendre la farine des céréales, à la mélanger avec de l'eau, de manière à en faire un pâton épais, et enfin à laver celui-ci d'une manière lente et en le malaxant constamment sous un mince filet d'eau ; dans ces conditions, le gluten se réunit en une masse visqueuse, plastique, tandis que l'eau chargée d'amidon s'écoule et va déposer celui-ci par le repos dans le vase où elle est reçue.

L'appareil de M. Martin, auquel son inventeur a donné le nom d'*amidonnière*, se compose, comme l'indique la fig. 359, de deux parties entièrement symétriques, remplissant l'une et l'autre les

mêmes fonctions. Chacune d'elles représente une caisse allongée B de 2 mètres de long sur 75 centimètres de large fermée par un fond demi-cylindrique; une portion de la surface de ce demi-cylindre est fermée par une toile métallique en cuivre nº 80; sur la paroi inférieure de cette caisse s'allonge une auge prismatique jouant le rôle de gouttière; dans l'intérieur de chaque caisse est

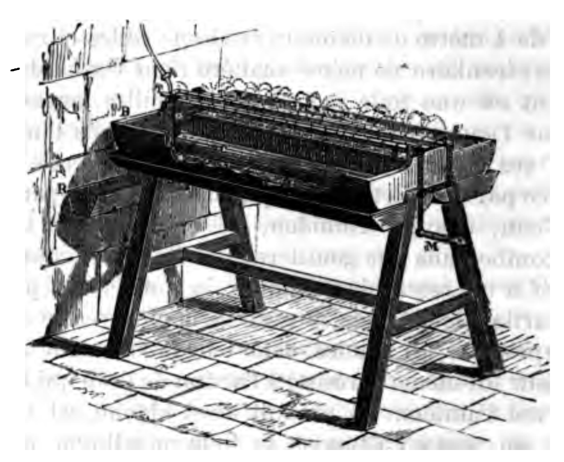


Fig. 359 — Extraction de l'amidon et du gluten par le malaxage (procédé Martin).

disposé un cylindre cannelé en bois C, destiné à rouler sur le fond de l'appareil et sur la toile métallique. L'axe de ce cylindre se relie par deux bras en fer à un arbre horizontal S, S', également en fer auquel la manivelle M peut communiquer un mouvement alternatif demi-circulaire. Entraîné par le mouvement de cet arbre, le cylindre cannelé en bois décrit à son tour, sur le fond de la caisse, un mouvement oscillatoire de va-et-vient qui lui en fait parcourir successivement toutes les parties. Une tige métallique permet d'accoupler, dans l'amidonnière double, les manivelles des deux caisses, de telle façon qu'on puisse à volonté faire marcher chacune d'elles isolément, ou toutes deux simultanément, par l'action d'un seul ouvrier. A l'extrémité de chaque gouttière sont disposés des tuyaux de décharge qui entraînent en R l'eau chargée d'amidon lorsque, sous l'action du cylindre cannelé et des jets d'eau que fournissent les tuyaux TT', elle s'est écoulée du pâton à travers la toile métallique.

Pour se servir de cet appareil, on opère non plus sur le grain

de blé, mais sur la farine; on pétrit d'abord celle-ci, soit dans un pétrin à bras, soit dans un pétrin mécanique, comme s'il s'agissait de la panifier. On mélange, dans ce but, un sac de farine (175 kilogrammes) avec 75 ou 80 litres d'eau; après un repos d'une demi-heure en été, d'une heure en hiver, on divise la masse en gros pâtons que l'on répartit, par moitié, entre les deux caisses de l'amidonnière. Cela fait, on ouvre le robinet d'arrivée d'eau de manière à laisser écouler sur les pâtons les minces jets d'eau que fournissent les tuyaux TT', puis on fait manœuvrer par deux hommes les manivelles; au fur et à mesure que l'eau amidonnée s'écoule dans les gouttières par les toiles métalliques, le gluten se réunit davantage, et le travail devient de plus en plus facile, si bien qu'au bout de dix minutes un seul ouvrier est nécessaire. De temps en temps, celui-ci arrête la marche de l'appareil et répartit également les pâtons sous les cylindres cannelés. Une heure de trituration suffit pour séparer de cette façon le gluten et l'amidon d'un sac de farine; lorsque l'opération est terminée, on laisse égoutter le gluten dans les caisses mêmes, pendant un quart d'heure, puis on recommence une nouvelle opération.

Cependant l'amidon préparé par ce malaxage n'est pas suffisamment pur pour être livré à la consommation; malgré la finesse des toiles métalliques, il a entraîné quelques parcelles de gluten dont il est nécessaire de le débarrasser. Pour cela, il faut avoir encore recours à la fermentation : l'amidon impur est versé dans une cuve avec trois fois son volume d'eau, à laquelle on ajoute 5 pour 100 d'eau sure; la fermentation se développe bientôt de la même manière que dans l'ancien procédé, et au bout d'un temps variable, de six à dix jours, elle est terminée; il ne reste plus alors qu'à purifier l'amidon par des tamisages et des décantations identiques à ceux que nous avons déjà décrits.

Ce procédé présente sur l'ancien de grands avantages, mais on ne saurait nier aussi que ces avantages ne soient achetés par quelques inconvénients. D'une part, en effet, il évite la plus grande partie de la fermentation et rend la fabrication plus salubre et plus agréable; il permet d'isoler à l'état intact le gluten de la farine, qui trouve aujourd'hui dans la confection des pâtes alimentaires un débouché important; mais, d'un autre côté, il exige l'emploi de blés de bonne qualité et ne permet pas d'opérer avec les blés avariés, dont le gluten ne saurait se réunir. Quant au rendement comparatif du blé en amidon par ce système et par le système de la fermentation, nous ne saurions nous pro-

noncer en pleine connaissance de cause, car nous avons entendu les personnes les plus compétentes énoncer à ce sujet les résultats les plus opposés. Nous ne pouvons cependant passer sous silence l'opinion de M. Payen, qui assure que, par ce procédé, 100 kilogrammes de farine donnent 40 à 42 kilogrammes d'amidon de première qualité, plus 18 à 20 pour 100 d'amidon de deuxième qualité ; tandis que le procédé par fermentation ne fournirait que 28 à 30 kilogrammes d'amidon de première qualité, et 12 à 15 kilogrammes de deuxième qualité ; en outre, le premier donne 32 pour 100 de gluten *égoutté*, tandis que dans le procédé par fermentation ce produit se trouve complétement perdu.

PROCÉDÉ PAR L'EMPLOI DES AGENTS CHIMIQUES.

Ainsi que nous l'a montré le tableau de la page 404, le riz est parmi les grains alimentaires le plus riche en matière amylacée ; il n'en renferme pas moins de 85 à 89 pour 100. Malgré cette richesse et le bas prix relatif de la matière première, le riz n'est employé que depuis un petit nombre d'années à l'extraction de l'amidon ; cette particularité doit être attribuée à ce fait, que les procédés que nous venons de décrire ne peuvent être convenablement appliqués au traitement du riz. On est arrivé, en Angleterre, à réaliser la transformation du riz en amidon, en utilisant l'action dissolvante des alcalis étendus sur le gluten. Voici comment opère M. Orlando Jones, auquel le jury international de 1851 a décerné une récompense importante : le riz entier est mis à macérer pendant vingt heures dans une solution faible de potasse caustique, renfermant 300 grammes d'alcali par hectolitre ; au bout de ce temps, on enlève l'eau surnageante, on sèche le grain, on le pulvérise sous des meules, puis on lui fait subir une deuxième digestion dans une solution alcaline de même force ; on laisse reposer, et enfin on lave bien à l'eau froide, en faisant passer sur des tamis à la manière ordinaire.

Une autre marche suivie avec succès par M. Berger est la suivante : on laisse le grain s'humecter pendant quarante-huit heures dans l'eau froide ; on le broie ensuite sous des meules, puis on le laisse macérer pendant soixante à soixante-dix heures dans une solution de carbonate de soude renfermant environ 5 kilogrammes de sel par hectolitre ; on agite fréquemment, et l'on termine par des tamisages et des lavages à l'eau froide.

On a conseillé également de substituer aux alcalis, pour la dis-

solution du gluten, l'acide chlorhydrique étendu ; nous ignorons si ce procédé a été employé avec succès sur une échelle industrielle.

III.—FÉCULE DE POMMES DE TERRE.

Jusqu'à la fin du siècle dernier, les céréales ont été exclusivement employées à la production de la matière amylacée. La première tentative faite pour trouver au blé un succédané remonte à 1716, époque à laquelle on proposa (de Vaudreuil) de substituer à l'amidon la matière extraite de l'*arum ;* quelques années plus tard, de Ghise (1739), puis Duhamel du Monceau, appelaient l'attention sur la fécule de pommes de terre ; mais c'est seulement vers les premières années de ce siècle (1810, Chauveau) que l'extraction de la fécule des pommes de terre est devenue une industrie sérieuse ; depuis cette époque, grandissant au fur et à mesure des besoins des arts, elle a pris une telle importance qu'on doit la considérer comme la plus considérable après celle de l'extraction du sucre parmi les industries agricoles. Elle a pu même, dans ces dernières années, rendre à la grande culture un service signalé, en permettant d'utiliser pour la fabrication d'un produit recherché les pommes de terre qui, atteintes par une maladie spéciale dont chacun connaît les effets désastreux, étaient devenues impropres à l'alimentation publique.

La structure et la composition de la pomme de terre sont beaucoup moins compliquées que celles des graines de céréales et de légumineuses, aussi l'extraction de la fécule est-elle beaucoup plus simple que celle de l'amidon. La pomme de terre, en effet, peut être considérée comme essentiellement formée, outre la pellicule qui l'enveloppe, d'eau et de fécule disséminées dans des cellules nombreuses ; l'eau s'y élève en moyenne à 75 pour 100, la fécule à 20 pour 100, la pellicule à 1,5 pour 100, de telle sorte qu'il reste à peine 4 à 5 pour 100 pour les matières étrangères, sucre, albumine végétale, pectine, sels, etc.

Cependant toutes les variétés de pommes de terre sont loin de renfermer la même quantité de fécule, comme le montre le tableau suivant, où le rendement est calculé en centièmes de fécule sèche ($C^{12}H^{10}O^{10}$) :

Patraque jaune	23,00	p. cent.
Shaw d'Écosse	22,00	»
Tardive d'Irlande	12,04	»
Petite américaine	17,80	»

Rouge de Lanarkshire	14,08	p. cent.
Pomme de terre de Forfashire	20,71	»
Ségonzac	20,08	»
Sibérie	14,00	»
Noire d'Irlande	16,05	»
Vitelottes	14,09	»

Quelle que soit la richesse de la pomme de terre en fécule, l'extraction de ce produit est toujours conduite de la même manière. Elle a lieu pendant les mois d'automne et d'hiver, car lorsque arrive le printemps, la végétation des tubercules commence, et ceux-ci produisent des tiges qui, se développant aux dépens de la fécule qu'ils renferment, en diminuent et en annihilent bientôt la richesse. Pour prolonger autant que possible la durée de la campagne, les pommes de terre sont conservées dans des silos placés à proximité de l'usine, puis portées aux appareils extracteurs au fur et à mesure des besoins.

On peut diviser l'extraction de la fécule de pommes de terre en neuf opérations successives et distinctes : le lavage, le râpage, le tamisage, le dessablage, l'épuration par les tamis fins, l'égouttage, le séchage et enfin le blutage.

Lavage des pommes de terre.—Cette opération a pour but de débarrasser les tubercules de la terre et des pierres dont ils peuvent être imprégnés ; on la pratique en les faisant passer dans un laveur cylindrique horizontal ; celui-ci se compose d'abord d'une trémie T dans laquelle les pommes de terre sont jetées à la pelle, puis d'un cylindre à claire-voie A formé de lames en bois montées sur un châssis en fer, et faisant 24 tours environ par minute. Ce cylindre A, dans lequel les pommes de terre tombent d'elles-mêmes au sortir de la trémie T, plonge à moitié dans l'eau que renferme l'auge M ; il est muni intérieurement d'une sorte de vis hélicoïdale désignée sous le nom de *colimaçon* qui, marchant en sens contraire du cylindre, promène les pommes de terre, les fait frotter contre la claire-voie du cylindre, et les unes contre les autres, de manière à les débarrasser de la terre adhérente à leur surface ; en même temps, cette vis les conduit à l'autre extrémité du cylindre, où elles tombent dans l'épierreur P ; celui-ci se compose d'une caisse au fond de laquelle une sorte de fourche formée de griffes recourbées très-espacées va ramasser les tubercules, pour les rejeter sur le plan incliné L conduisant à la râpe, tandis que les pierres plus petites retombent entre les interstices qui séparent les griffes.

Râpage.—*La râpe* ou *cylindre dévorateur* est, avec les tamis, l'instrument essentiel des féculeries; c'est elle qui, déchirant les

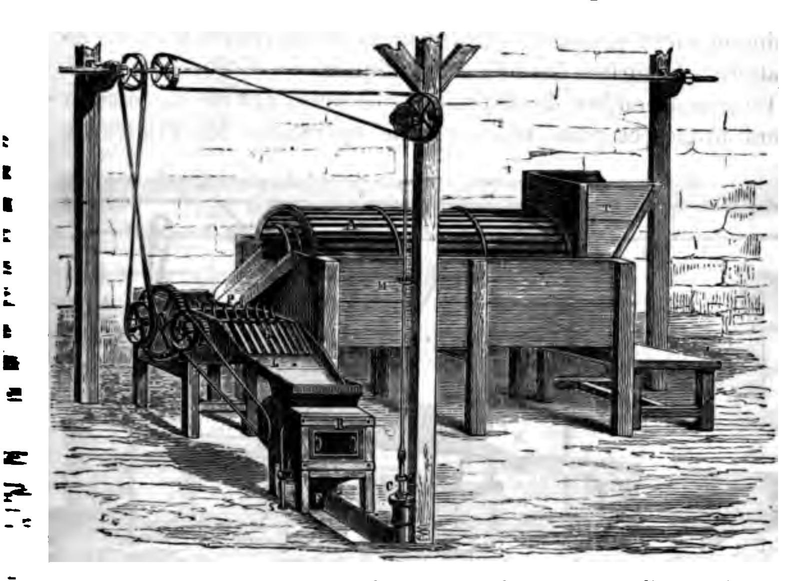


Fig. 360.— Lavage et râpage des pommes de terre pour l'extraction de la fécule.

cellules de la pomme de terre, les transforme en une pulpe molle, où les grains de fécule se trouvent mis à nu, et susceptibles, par suite, d'être isolés de la pellicule au moyen des tamis. Elle se compose d'un cylindre ou roue, armé parallèlement à l'axe de petites lames de scie saillantes de 2 millimètres environ, et maintenues par des tasseaux en fer. Cette râpe est enfermée dans une boîte R, cylindrique comme elle à la partie postérieure, mais munie à la face antérieure d'une porte solide en fonte que l'on peut ouvrir de manière à interrompre subitement l'opération, lorsqu'une pierre, ayant échappé au laveur et à l'épierreur vient s'engager dans la râpe. Une poulie transmet à cette râpe un mouvement rapide, qui ne doit pas être moindre de 800 à 900 tours par minute; la pulpe déchirée, le *gâchis* tombe à la partie inférieure dans un caniveau d'où un jet d'eau S la chasse pour la pousser dans le réservoir commun R où la pompe C va la chercher pour la porter aux tamis.

Tamisage.— Cette opération, qui a pour but de séparer la fécule de la pellicule qui l'enveloppait et à laquelle on donne le nom

de *son*, s'exécutait autrefois dans des tamis à main, mais il n'en est plus de même aujourd'hui ; elle est conduite dans des tamis mécaniques dans lesquels la pulpe subit un mouvement de translation et vient présenter constamment de nouvelles portions de matière à la surface des toiles métalliques.

Un grand nombre de dispositions de tamis ont été successivement proposées pour réaliser cette opération ; les Traités de

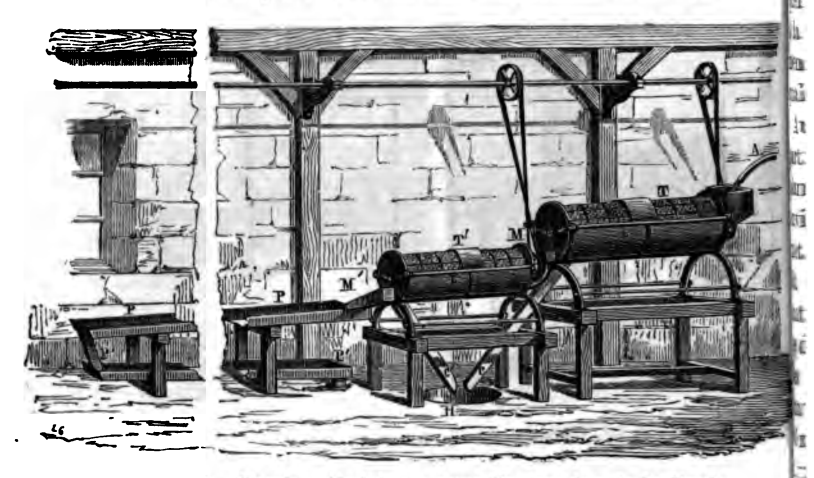


Fig. 361.—Tamis cylindriques pour l'extraction de la fécule.

chimie renferment la description d'un grand nombre de systèmes, mais ceux-ci ont été à peu près tous successivement abandonnés, et les féculeries bien dirigées emploient aujourd'hui, d'une manière presque exclusive, les tamis cylindriques que nous allons décrire. Ceux-ci sont formés de toiles métalliques en cuivre T, T', soigneusement assemblées sur des bâtis cylindriques en fer, à peu près semblables à des blutoirs tournant dans des auges en fonte L, L', et disposés de telle sorte qu'un espace de quelques centimètres reste libre entre la toile métallique et le fond de l'auge. La pulpe arrive dans l'intérieur d'un premier tamis T, là elle se trouve soumise : 1° au mouvement de rotation du cylindre ; 2° à l'action d'un filet d'eau qui vient déboucher dans son intérieur ; 3° à l'action mécanique de brosses fines frottant contre les parois intérieures de la toile et tournant en sens contraire du cylindre. Sous cette triple influence, la séparation s'opère ; l'eau chargée de fécule s'écoule à travers le tamis, tandis que la pulpe à peu près épuisée vient par un caniveau C se rendre dans un réservoir commun H

où elle est reprise plus tard, et repassée dans les tamis pour y abandonner les dernières traces de fécule qu'elle renferme. Quant à l'eau féculente qui s'échappe du premier tamis, elle passe dans un deuxième appareil absolument semblable T', disposé à la suite, mais portant une toile métallique plus fine où elle se purifie, en laissant la plus grande partie du son qu'elle avait entraîné en passant à travers les mailles plus larges du premier tamis. Quelquefois un troisième et même un quatrième tamis sont disposés à la suite des deux premiers. Les toiles métalliques qui les forment varient du n° 25 au n° 90 et même au n° 125, suivant la qualité des produits que l'on veut obtenir.

Au sortir des tamis, la fécule, débarrassée de la plus grande partie du son, subit une première épuration en roulant sur les plans inclinés; ces plans, faits de bois blanc, larges de 1 mètre environ, munis de rebords de $0^m,25$ à $0^m,30$ et inclinés de 1^{mm} par mètre, font au liquide laiteux fourni par le tamisage une sorte de lit, où la fécule plus lourde se dépose peu à peu, tandis que les matières plus légères, le son, etc., entraînées par le courant, vont se déverser à l'extrémité. Les plans inclinés présentent, suivant les convenances des usines, les dispositions les plus variables; tantôt ils se développent simplement sur une longueur de 50 ou 60 mètres environ; tantôt, comme l'indique notre figure, ils sont formés de deux plans P', P', superposés, inclinés en sens contraire, et disposés de telle sorte que le liquide se déverse par une vanne régulatrice du premier dans le second; tantôt enfin, ils comprennent trois ou quatre tables beaucoup plus courtes, mesurant chacune 6 à 8 mètres seulement, établies les unes au-dessus des autres, mais munies à leurs extrémités de vannes régulatrices, ou de vis permettant de remonter cette extrémité, et d'augmenter, par la diminution de la pente, l'accumulation de la fécule.

Dessablage.—Lorsqu'une quantité suffisante de fécule se trouve accumulée sur les plans inclinés, on l'enlève à la pelle, puis on la jette dans des cuviers qui, remplis jusqu'au tiers de leur hauteur, peuvent en contenir 400 kilogr. environ. On achève de remplir avec de l'eau, puis on agite vivement avec une large pelle, jusqu'à ce que toute la fécule se trouve mise en suspension, on abandonne ensuite au repos; les matières se superposent par ordre de densité, et le dépôt de fécule qui se forme présente plusieurs couches différentes; à la partie inférieure un produit blanc, à la partie supérieure un produit coloré par de petites parcelles de son; après quatre heures de repos, on siphonne l'eau

surnageante, et l'on enlève de la surface du dépôt les portions les plus colorées qui constituent ce qu'on nomme le *premier gras de fécule;* cette matière est destinée à être traitée à part, par les mêmes moyens que le produit blanc qui les recouvre.

Épuration par les tamis fins.—La fécule ainsi débarrassée des premiers gras est soumise à un nouveau tamisage à travers des toiles plus fines. Quelquefois cette opération a lieu sur des tamis cylindriques, mais le plus souvent elle est faite à la main; on sépare ainsi un son fin que l'on traite ensuite à nouveau. La fécule est abandonnée au repos, puis dessablée une seconde fois, et débarrassée des *deuxièmes gras.* Ceux-ci renferment encore de la fécule, mais comme ils sont peu abondants, on les laisse accumuler pendant toute la campagne, pour les traiter à la fin. Quant à la fécule purifiée par cette nouvelle opération, elle est encore lavée deux ou trois fois à l'eau fraîche.

Égouttage.—Ainsi purifiée, la fécule est versée dans de petits *bachots* semblables à ceux que nous avons décrits pour l'égouttage de l'amidon, mais d'une profondeur double.

Séchage. —Lorsque l'égouttage paraît suffisant, les bachots sont portés au séchoir, sorte de grenier très-aéré, et vidés sur l'aire en plâtre qui en forme le sol. Là, ils se débarrassent d'une grande partie de leur humidité, et lorsque la matière a séjourné sur cette aire pendant vingt-quatre heures, elle est arrivée à cet état d'hydratation qui constitue le produit commercial désigné sous le nom de *fécule verte;* elle renferme alors une quantité d'eau variant de 33 à 45 pour 100, et dont il est important de tenir compte dans les transactions commerciales.—On diminue souvent la proportion d'eau que renferme la fécule verte en ne la laissant séjourner que trois ou quatre heures sur l'aire en plâtre, et la cassant ensuite en gros fragments que l'on abandonne à la dessiccation à l'air libre sur des liteaux en bois disposés de telle sorte que l'air extérieur puisse, de tous côtés, arriver au contact de la matière.

Dans quelques usines, on supprime complétement les aires en plâtre, et l'on sèche immédiatement la fécule en la jetant dans des turbines ou essoreuses identiques à celles dont on fait usage pour le clairçage du sucre. (Voy. *Sucres*, SUC.)

Étuvage.—Certaines industries, la fabrication du sirop de fécule par exemple, emploient directement la fécule verte; mais il en est d'autres pour lesquelles ce produit doit être beaucoup moins humide; on le connaît alors sous le nom de *fécule sèche,* et il renferme encore en moyenne 18 pour 100 d'eau. Pour enlever à la

fécule les 20 à 30 pour 100 d'eau qui distinguent la fécule verte de la fécule sèche, il est nécessaire de la dessécher dans des étuves à air chaud; cette opération présente en outre l'avantage de blanchir le produit, en lui enlevant la teinte légèrement verdâtre qu'il doit uniquement à l'humidité dont il est imprégné. Les étuves employées à la dessiccation de la fécule peuvent être diversement disposées; les unes sont simplement munies de cadres horizontaux assujettis latéralement sur des montants en fer; ces cadres sont en toile métallique recouverts d'une toile de lin grossière; d'autres comportent des tablettes inclinées de haut en bas et disposées en cascade de manière que la fécule puisse alternativement tomber de l'une sur l'autre, et que chargée par la partie supérieure, s'écoulant ainsi de haut en bas, tandis que l'air chaud circule de bas en haut, elle vienne se rendre complétement sèche à la partie inférieure; d'autres enfin sont munies d'une série de toiles horizontales sans fin, animées d'un mouvement lent, disposées d'une manière analogue, et de telle sorte que la fécule au fur et à mesure de sa dessiccation puisse venir tomber d'une toile sur l'autre, et descendre en se déshydratant jusqu'à la dernière toile d'où elle est reçue dans un magasin spécial.

Quelle que soit la forme de l'étuve adoptée, la chaleur doit y être conduite d'une manière progressive et avec précaution. Pendant les premières heures, elle ne doit pas dépasser 40° à 50°, de crainte que la fécule encore humide ne se mette en empois, mais on peut ensuite pousser vivement le feu, de manière à porter la température à 70° et même 80°; en opérant ainsi, l'étuvage doit être complet en dix-huit ou vingt heures.

Blutage et emmagasinage.—La fécule destinée aux usages alimentaires est, après dessiccation, passée dans une bluterie ordinaire, elle est ensuite mise en sacs ou en paquets, suivant sa destination. Bien sèche, elle doit faire entendre un craquement particulier lorsqu'on vient à la presser dans le sac qui la renferme.

On conserve quelquefois dans les usines la fécule verte sans la dessécher; on lui ajoute alors, pour éviter les altérations que subit toute fécule renfermant plus de 25 pour 100 d'eau, une petite quantité d'acide sulfurique en la délayant dans de l'eau renfermant environ 1 pour 100 de cet acide et la séparant de cette eau par décantation. Dans quelques papeteries on substitue, pour la conservation, une petite quantité de chlorure de chaux à l'acide sulfurique. La fécule ainsi mélangée est ensuite fortement empilée dans de vastes citernes, sortes de silos où on la recouvre

de terre et de paille, et où elle peut se conserver d'une manière presque indéfinie. En la reprenant dans ces silos au fur et à mesure des besoins, et la lavant à deux ou trois eaux, on la débarrasse complétement de l'acide qu'on lui avait ajouté, cette précaution est inutile lorsqu'elle est destinée à la fabrication du sirop.

Utilisation de la pulpe de pommes de terre.—La pulpe ou le son bien séparé de la fécule est utilisé pour le *fleurage* du pain; dans ce but, la matière est simplement desséchée dans des tourailles, puis blutée; devenue sèche et cassante par la dessiccation, elle se pulvérise d'elle-même dans le blutoir, et fournit une matière d'un aspect analogue au son, et dont les boulangers font usage aujourd'hui d'une manière générale.

IV.—FÉCULES DIVERSES.

On rencontre dans le commerce un assez grand nombre de produits destinés à l'alimentation, que l'on doit considérer comme des variétés de fécule extraites de diverses plantes exotiques; les uns jouent un rôle sérieux dans la consommation, tels sont l'arrow-root, le tapioca, le sagou, le salep, la fécule de fèveroles, de haricots, de marrons d'Inde, etc.; les autres, décorés de noms pompeux et étranges, ne sont autre chose que de la fécule de légumineuses déguisée de différentes manières pour pouvoir être vendue à des prix exorbitants; ceux-ci ne méritent pas de fixer notre attention, mais il n'en est pas de même des premiers qui, pour la plupart, objets d'un commerce important, sont dignes de tout notre intérêt.

ARROW-ROOT.

Cette substance, à laquelle on attribue, à tort, des propriétés nutritives particulières, est, par sa composition, identique avec la fécule; elle en diffère seulement en ce que ses granules sont un peu plus petits; elle est fournie par la racine de plantes de la famille des *marantacées*, et notamment par la *maranta arundinacea;* elle est fabriquée principalement dans les Indes anglaises. Cependant, on désigne aussi quelquefois sous le nom d'arrow-root des fécules extraites de diverses plantes et provenant du Brésil, de Taïti, etc. On suit aux Indes anglaises, aux îles Bermudes, à l'île de Saint-Vincent, etc., la marche suivante pour extraire l'arrow-root : les tubercules de *maranta* sont d'abord soigneusement pelés, débarrassés d'une pellicule mince comme une feuille

de papier qui les enveloppe et qui, paraît-il, renferme une matière résineuse qui communiquerait à la fécule un goût et une coloration désagréables; ils sont ensuite râpés et pulvérisés dans un mortier, la pulpe est lavée à la manière ordinaire dans une série de tamis à mailles de plus en plus serrées, et enfin le produit déposé par le repos de l'eau chargée de fécule, est séché au soleil sur des feuilles. On extrait ainsi des tubercules de *maranta* 26 pour 100 d'une fécule pulvérulente, d'une blancheur parfaite, et très-recherchée pour la confection des potages, etc.

TAPIOCA OU FÉCULE DE CASSAVE.

La racine du *jatropha manihot* qui, sous les noms vulgaires de *manioc* ou *cassava,* est cultivée sur une grande échelle, aux Indes occidentales, dans l'Amérique centrale, au Brésil et sur les côtes d'Afrique, est une plante vénéneuse qui, débarrassée par un lavage convenable du principe dangereux qu'elle renferme, fournit une matière amylacée d'une excellente qualité. Pour extraire celle-ci, on fait subir aux racines un râpage soigné, puis on les enferme dans des sacs et on les soumet à une pression graduée; sous l'influence de celle-ci, le suc vénéneux s'écoule, et il reste dans les sacs une matière agglutinée qui, après avoir été séchée sur une plaque chauffée, est désignée sous le nom de pain de cassave, et forme dans les contrées que nous venons de nommer la nourriture principale des esclaves. Le tapioca, si recherché en Europe pour la confection des potages, n'est autre chose que la fécule fine de *manioc* légèrement torréfiée. Pour le préparer, on râpe la plante comme ci-dessus, on la presse, on la lave, puis on râpe de nouveau. La matière, en grumeaux encore humides, est séchée sur des plaques chaudes; au contact de celles-ci, quelques-uns des granules de fécule se mettent en empois, et soudent les uns aux autres ceux qui les entourent, de manière à former de petits grains irréguliers, secs, cassants, transparents, partiellement solubles dans l'eau, et se transformant au contact de ce liquide chaud en une gelée transparente.

On fabrique en France un tapioca factice, en séchant de la même manière de la fécule humide; pour cela, on prend de la fécule verte, c'est-à-dire renfermant encore au moins 33 pour 100 d'eau, on la passe sur une toile métallique à larges mailles qui la divise en grumeaux, de là elle tombe sur des plaques que l'on porte dans un four horizontal, long de 2 ou 3 mètres, très-sur-

baissé et chauffé par dessous, au moyen d'un foyer placé à son arrière. Les plaques, entrant par l'extrémité de ce four opposée au foyer, sortent à l'autre bout, après avoir subi une élévation graduelle de température; la matière présente alors l'aspect de tourteaux plats, formés de grumeaux grossiers, transparents, soudés ensemble; ceux-ci sont passés entre des cylindres concasseurs, puis blutés à la grosseur voulue.

Ce produit imite assez bien le tapioca naturel, mais il présente l'inconvénient de développer à la chaleur une légère odeur due à l'huile essentielle de pommes de terre que la fécule renferme toujours. On peut cependant éviter cet inconvénient en lavant préalablement la fécule destinée à cet usage soit avec de l'alcool, soit, comme l'a conseillé M. Martin, avec une solution étendue de carbonate de soude.

SAGOU.

On rencontre aux îles Moluques, à Singapore, à Bornéo et, en général, dans presque tout l'archipel Indien, des arbres de haute taille ayant le port du palmier, désignés sous le nom de palmier-sagou, de sagoutier, et dont les principaux sont le *cycas circinalis*, et l'*arenga saccharifera*. Ces arbres, dont la hauteur atteint 9 à 10 mètres, renferment au centre une moelle d'où l'on extrait la fécule désignée habituellement sous le nom de *sagou*. Dans ce but, l'arbre abattu est fendu sur toute sa longueur; on en arrache la moelle, on la pulvérise, on la lave sur un tamis, on la granule sur une plaque trouée, puis on la laisse tomber sur une plaque chaude où elle subit un commencement de torréfaction un peu plus avancée que le tapioca. On en distingue dans le commerce deux variétés, le rouge et le blanc. La coloration du premier paraît tenir à l'existence d'une matière colorante particulière dans certaines variétés de palmier. Le blanchiment de cette matière est pratiqué en Angleterre sur une grande échelle par un procédé qui est tenu secret. D'après Muspratt, ce procédé serait basé sur l'emploi du chlorure de chaux étendu.

On fabrique également en France du sagou artificiel en suivant la marche que nous venons de décrire pour la préparation du tapioca artificiel.

SALEP.

On exporte en Europe, de Perse, de Turquie, d'Andalousie, etc., de petits bulbes assez semblables à des amandes, d'un aspect corné, très-durs, et doués d'une légère odeur. Ces bulbes fournis

par certaines variétés d'*orchis* et notamment par l'*orchis mascula,* sont très-recherchés; on leur attribue des propriétés nourrissantes et réparatrices spéciales, mais cette supposition paraît toute gratuite; car formé presque essentiellement de matière amylacée, le salep ne semble pas devoir être plus nourrissant que la simple fécule de pommes de terre; on l'emploie, après l'avoir simplement pulvérisé, comme médicament, pour la confection de potages, de chocolats destinés aux malades, etc.

TULIMA OU TOUS-LES-MOIS.

On connaît sous ce nom une variété de fécule qui, importée en Angleterre en 1836, y est très-recherchée depuis cette époque; elle provient du *canna edilis;* cette plante, d'après M. Wordsworth fournit des tubercules trois ou quatre fois plus gros que la pomme de terre, et dont on peut extraire, par les méthodes ordinaires de râpage et de tamisage, 12,5 pour 100 d'une fécule à très-gros grains, d'une blancheur remarquable.

FÉCULE DE FÈVES, DE FÈVEROLES, DE HARICOTS, ETC.

Les graines de légumineuses fournissent une fécule de très-belle qualité, dont M. Risler a, dans ces dernières années, pratiqué l'extraction sur une échelle industrielle. Le procédé dont il fait usage est très-simple; les graines sont d'abord immergées dans l'eau et abandonnées au contact de ce liquide pendant vingt-quatre ou trente heures; ainsi tuméfiées, elles sont passées sous des meules, puis dans des tamis cylindriques semblables à ceux que nous avons décrits pour l'extraction de la fécule de pommes de terre; au sortir de ces tamis, l'eau chargée de fécule est dirigée sur les plans inclinés, et le produit purifié à la manière ordinaire.

FÉCULE OU AMIDON DE MARRONS D'INDE.

Le marron d'Inde se présente en si grande abondance dans les promenades publiques qu'il n'y a pas lieu de s'étonner si, dès le premier jour où l'industrie s'est préoccupée de trouver un succédané à l'amidon du blé, elle a fixé son attention sur cette graine si riche en matière féculente. Dès le commencement de ce siècle, on a cherché à en retirer l'amidon qu'elle renferme, et dont les qualités sont supérieures à celles de l'amidon de blé, mais toutes les tentatives industrielles faites dans ce but ont échoué successivement. La question a été reprise dans ces dernières années par

M. de Callias, mais malgré un succès momentané, cette industrie semble devoir être bientôt arrêtée par la difficulté de se procurer en quantité suffisante la matière première qui, disséminée en mille lieux éloignés les uns des autres, occasionne des frais de transport trop considérables. Le procédé de M. de Callias consiste à râper les marrons sans les décortiquer, à les laver aux tamis, pour extraire la plus grande partie de l'amidon, puis à passer les fragments d'écorce échappés à la râpe entre deux cylindres lamineurs en fonte animés de vitesses différentes. Sous l'action de ces deux cylindres, les cellules restées intactes se déchirent, et l'on obtient une pulpe qui abandonne, lorsqu'on la passe au tamis les dernières portions d'amidon renfermées dans la graine. La matière amylacée purifiée ensuite par des lavages convenables est apte aux mêmes usages que l'amidon du blé, elle paraît même préférable en ce sens qu'elle fournit un empois plus volumineux.

V.—PATES ALIMENTAIRES.—EMPLOI DU GLUTEN.

VERMICELLERIE.— PATES D'ITALIE.

La préparation des vermicelles, des macaroni, des nouilles, des lazagnes, des diverses pâtes d'Italie, etc., constitue une industrie importante; néanmoins nous la décrirons rapidement; en effet, elle nous paraît dépendre de la boulangerie proprement dite, plutôt que de l'industrie chimique qui nous occupe en ce moment.

L'Italie avait autrefois le monopole de cette fabrication, mais aujourd'hui il n'en est plus ainsi: l'importation d'Italie en France est devenue insignifiante, tandis que l'exportation française est très-considérable; pour l'Auvergne seule, elle dépasse dix millions de francs; Lyon et ses environs sont également devenus, pour ces pâtes, un centre important de production.

Les manipulations sont sensiblement les mêmes, quelque forme que l'on veuille donner aux pâtes; le succès dépend uniquement du choix des blés et des soins apportés à la mouture. On choisit, en général, des farines ou des semoules de blés durs, un peu jaunâtres, mais très-substantielles, celles que fournissent, par exemple, les blés d'Asie, d'Amérique, d'Algérie, de Sicile, et quelques blés du midi de la France.

La semoule est placée dans un pétrin ordinaire; on fait en son *milieu* un trou, dans lequel on verse une proportion d'eau bouil-

lante égale, en général, à 25 pour 100 de son poids; quelquefois on ajoute un peu de levain, ce qui rend la pâte plus digestive mais d'une conservation moins certaine. On pétrit à la main pendant une heure et demie, puis on achève le pétrissage sous la *brie* de vermicellier. On désigne sous ce nom un madrier de 3 mètres de longueur environ qui, par l'une de ses extrémités est attaché, au moyen d'un piton, au fond du pétrin dont l'avant peut aisément s'abattre. Dans la partie qui repose sur le pétrin, c'est-à-dire dans le tiers de sa longueur, ce madrier est taillé en forme de couteau, les deux autres tiers sont pleins. Cette sorte de couteau, fixe à l'une de ses extrémités, mobile à l'autre, est soulevé, puis abaissé de manière à venir s'abattre sur la pâte qui, renfermée dans le pétrin est ainsi fortement écrasée et mélangée. L'opération de la brie est prolongée deux heures et, pendant ce temps, on replie douze fois la pâte sur elle-même, de manière à renouveler, autant que possible, les surfaces offertes à l'écrasement.

Dans les usines perfectionnées, le pétrissage à la main et à la brie est remplacé aujourd'hui par le pétrissage sous un moulin à roue conique en fonte, semblable à ceux dont on fait usage pour la préparation du charbon de Paris. (Voy. *Combustibles*, COM.)

Au lieu de semoules, on peut aussi employer les farines; dans ce cas le pétrissage est beaucoup plus court, il n'exige qu'une heure par l'ancien procédé, et une demi heure par le procédé du moulin, mais les pâtes ainsi obtenues sont d'une qualité inférieure.

On peut, aux farines très-glutineuses dont nous avons parlé, substituer des farines inférieures et même celle du riz, en leur mélangeant diverses proportions de gluten, isolé par le procédé de M. Martin. C'est ainsi que ce dernier prépare des pâtes d'Italie, en mélangeant la farine de riz avec moitié de son poids de gluten frais égoutté.

Quoi qu'il en soit, lorsque la pâte est convenablement pétrie, on l'introduit dans les appareils destinés à lui donner la forme de vermicelles, de macaroni, etc. Ceux-ci sont composés d'une caisse en bronze dont le fond mobile peut être formé de plaques percées de trous ronds, annulaires, etc., et à la partie supérieure de laquelle pénètre un piston qu'une presse hydraulique ou simplement une vis de pressoir mue à bras d'homme, peuvent enfoncer avec force dans la caisse de manière à faire pression sur la pâte chaude que l'on doit y avoir préalablement placée. Soumise à cette pression énergique, maintenue à une température conve-

nable soit par un réchaud, soit par un courant de vapeur circulant autour de la caisse, la pâte s'écoule par la plaque de fond, en épousant la forme des orifices qui lui sont offerts. En changeant la plaque percée de trous, on prépare de cette façon le vermicelle, le macaroni, les lazagnes, etc. Lorsqu'on veut donner à la pâte la forme d'étoiles, de croix, etc., on opère de la même façon avec une presse horizontale, à l'extrémité de laquelle un couteau circulaire animé d'un mouvement rapide coupe les pâtes à la longueur voulue.

Les vermicelles, macaroni, etc., quelle que soit leur forme, sont rafraîchis, à leur sortie de la caisse, par un courant d'air fourni soit par une petite soufflerie, soit simplement par un éventail qu'agite un ouvrier; on les casse ensuite à la longueur convenable, puis on les laisse sécher.

GLUTEN GRANULÉ.

On désigne sous ce nom une sorte de pâte d'Italie artificielle que l'on prépare dans les amidonneries qui emploient le procédé par malaxage. On l'obtient en mélangeant le gluten frais avec deux fois son poids de farine; la pâte, imparfaitement mélangée, est introduite dans un cylindre tournant autour de son axe; ce cylindre porte intérieurement sur sa surface des chevilles en fer, et la pâte s'y trouve déchirée par le froissement entre ces chevilles et celles que porte un agitateur concentrique au cylindre, et tournant avec une vitesse égale, mais en sens contraire. Desséchés à l'étuve, puis passés à travers des tamis de grosseur différente, les granules ainsi obtenus constituent une matière alimentaire très-nourrissante, puisqu'elle représente en réalité une farine renfermant une quantité de gluten infiniment plus considérable que les farines les plus riches.

PAIN DE GLUTEN.

La médecine moderne exclut les féculents du régime imposé pour la maladie connue sous le nom de diabète sucré. Les malades atteints par cette affection sont donc privés de pain; pour remédier autant que possible à cette pénible privation, on a proposé de panifier le gluten bien débarrassé d'amidon. M. Martin a résolu le problème de la manière suivante : le gluten humide, divisé à la main, est desséché à l'étuve sous une température de 100°. On le réduit ensuite en farine, et on le pétrit à la manière ordinaire. Pour cela, on le mélange avec les deux tiers de son

poids d'eau et 1/2 pour 100 de levûre; on le façonne, puis on le porte au four. Privé par la dessiccation à 100° de la plus grande partie de ses propriétés plastiques, le gluten se gonfle légèrement et fournit des pains agréables et salubres.

VI.—DEXTRINE, LEÏOCOMME ET PYRODEXTRINE.

Soumis à l'action de la chaleur, soit seuls, soit en présence des acides, l'amidon et la fécule subissent une transformation isomérique remarquable et se changent sans perte de poids en matières nouvelles, solubles dans l'eau, douées de propriétés agglutinatives qui les font rechercher dans les arts, et plus ou moins colorées suivant la température à laquelle la matière première a été soumise. On en distingue deux sortes : la dextrine, généralement blanche, et le leïocomme ou amidon torréfié, d'une couleur habituellement jaunâtre; à ces produits se rattache, en outre, la pyrodextrine, matière dont l'intensité colorante, supérieure à celle du caramel, est utilisée dans la préparation des mets.

Dextrine.—Pour obtenir la dextrine proprement dite, on suit habituellement le procédé découvert par M. Payen, et basé sur l'emploi des acides azotique, chlorhydrique ou sulfurique; on emploie préférablement le premier de ces deux corps; cependant l'acide chlorhydrique semble permettre d'obtenir un produit plus blanc. Lorsqu'on fait usage d'acide azotique, on mélange la fécule avec une quantité d'eau égale à 30 pour 100 de son poids, et renfermant une proportion d'acide azotique correspondant à 2 kilogrammes d'acide à 36° pour 1,000 kilogrammes de fécule. La matière ainsi humectée est séchée doucement à l'étuve, blutée et remise en poudre, puis étalée sur une hauteur de 3 ou 4 centimètres dans des plaques en tôle P munies de rebords. Ces plaques sont ensuite portées dans le four que représente la fig. 362, et qui, muni d'un foyer à la partie postérieure, permet de faire circuler dans l'intérieur un courant d'air chaud; les plaques maintenues sur des tringles de fer sont enfilées à la suite les unes des autres au nombre de 3 ou 4, suivant la profondeur du four; on place ensuite, et on ferme soigneusement les portes en tôle B correspondant à chaque série horizontale de plaques. Le four étant ainsi clos, on allume le feu et l'on élève la température; plus la chaleur est considérable, plus la transformation est

rapide, mais aussi plus le produit est sujet à se colorer. Si la température est soigneusement maintenue à 100°, quatre heures

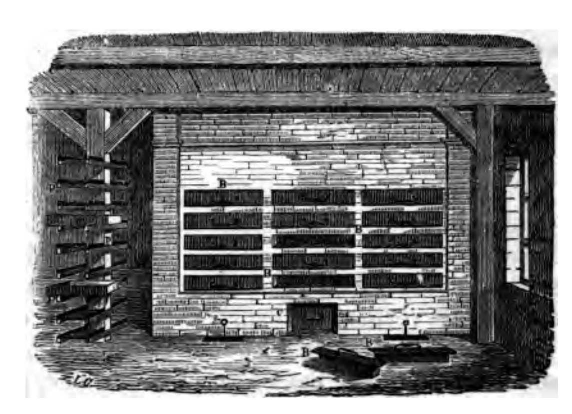


Fig. 362. — Four à dextrine.

sont nécessaires pour réaliser la transformation en dextrine, et l'on obtient un produit parfaitement blanc ; si elle atteint 110 à 120°, deux heures à deux heures et demie sont nécessaires ; enfin si elle s'élève à 130°, trente minutes suffisent, mais le produit est alors légèrement jaunâtre.

Si l'on fait usage d'acide chlorhydrique, il faut, pour 1,000 kilogrammes de fécule, employer 200 litres d'eau acidulée par 2 kilogrammes d'acide chlorhydrique ; on donne plus spécialement au produit très-blanc, obtenu de cette façon, le nom de *gommeline*. On réussit également bien en substituant à l'acide chlorhydrique une égale proportion d'acide sulfurique.

Leïocomme.—Cette substance, que l'on désigne encore sous le d'*amidon torréfié* ou *grillé*, se rencontre dans le commerce avec des colorations variant depuis le jaune clair jusqu'au jaune brunâtre ; ces différences de coloration sont dues à la plus ou moins grande élévation de température à laquelle la fécule s'est trouvée soumise pendant sa torréfaction. Cette opération peut être conduite dans le four que nous venons de décrire, mais on préfère, en général, l'exécuter dans un appareil dont les dispositions rappellent celles des brûloirs à café. Celui-ci se compose d'un cylindre de fonte disposé horizontalement et fermé par deux disques verticaux : l'un mobile, servant à l'introduction de la fécule ; l'autre fixe, et par le centre duquel passe l'arbre d'un agitateur intérieur disposé suivant l'axe. Ce cylindre est enfermé de toutes

parts dans un bain d'huile placé directement sur le feu, et recouvert à la partie supérieure pour éviter les émanations désagréables. On introduit dans le cylindre 100 kilogrammes de fécule sèche, puis, en agitant constamment la masse, on élève peu à peu a température à 200° et on l'y maintient pendant trois heures environ. Le leïocomme obtenu de cette façon est parfaitement oluble, mais plus coloré que la dextrine obtenue sous l'influence les acides.

Pyrodextrine.—M. Gelis désigne sous ce nom une matière obenue par lui, en soumettant la fécule à l'action de la chaleur, et lont il a proposé l'emploi pour la coloration des potages et d'aures mets. On prépare la pyrodextrine de la manière suivante : on commence la torréfaction dans un bassin à fond plat, chauffé à l'une de ses extrémités ; on place la fécule dans la partie chauffée, elle perd d'abord toute son eau hygrométrique, se transforme en dextrine et commence à se colorer. Puis, la chaleur continuant à agir, cette dextrine éprouve une sorte de fusion ignée ; elle se boursoufle, et il devient alors facile de séparer cette matière à moitié fondue du fond du bassin sous forme de lanières qui se brisent en se refroidissant. On pousse ces lanières dans les parties tièdes du bassin et on recouvre les parties chaudes de fécule pulvérulente dont la torréfaction est moins avancée. En continuant la même manœuvre pendant un temps suffisant, on finit par transformer toute la fécule en matière fondue déjà très-colorée. On traite ensuite la masse par l'eau ; on sépare par décantation les portions brûlées et insolubles et l'on évapore la liqueur sous forme d'extrait. On divise celui-ci par petites masses que l'on dispose sur des plaques dans un four analogue à celui décrit fig. 362, on achève d'abord la dessiccation, puis on complète la torréfaction en maintenant la matière pendant un temps suffisant à la température de 230°. On obtient ainsi un produit léger, spongieux, facile à pulvériser et très-soluble dans l'eau, à laquelle il communique une coloration très-foncée. Ce produit, mis sous la forme de petites boules, est livré au commerce pour être utilisé dans les préparations culinaires.

VII.—USAGES DES MATIÈRES AMYLACÉES.

L'amidon du blé sert d'une manière presque exclusive à la confection de l'empois et à l'apprêt du linge blanchi ; celui que fournissent le marron d'Inde et les fèveroles présente, au même point de vue, des qualités exceptionnellement remarquables.

La fécule possède une importance industrielle plus considérable; le collage des papiers à la cuve, la fabrication des sirops de fécule, des glucoses massés ou non, destinés à la préparation de la bière, à l'amélioration des vins, etc., en font un produit de la plus haute importance. La teinture, l'impression sur tissus en font pour la confection de certains apprêts, et notamment pou l'épaississage de quelques couleurs insolubles, un emploi consi dérable; la préparation de la dextrine, du leïocomme, etc. qui, doués des propriétés de la gomme arabique, peuvent êtr livrés au commerce à un prix beaucoup moindre; la confectio des fécules exotiques factices et des pâtes alimentaires de quali inférieure en consomment également de grandes quantités.

La fécule était employée autrefois pour falsifier la farine, ma aujourd'hui le prix élevé des pommes de terre a rendu cette fals fication impossible; on a dû renoncer de même, et pour le mêm motif, aux tentatives si activement suivies, il y a une vingtair d'années, pour la panification de la fécule.

On doit citer encore parmi les applications intéressantes de c produit sa substitution au poussier de charbon pour le saupou drage des moules des fondeurs en bronze.

Enfin, la fécule blanche, comme les fécules exotiques, est d'u emploi assez considérable dans l'art culinaire.

Le leïocomme, la dextrine, sont utilisés pour les apprêts de tissus, pour le parou des tisserands, pour l'épaississage des mor dants, le gommage des couleurs, la fabrication des étiquette gommées, etc., et enfin pour confectionner, suivant la méthod proposée par M. Velpeau, des bandes agglutinatives propres consolider la réduction des fractures.

AIMÉ GIRARD.

GÉLATINE ET COLLES

I.—GÉLATINES PROPREMENT DITES.

On donne, scientifiquement parlant, le nom de gélatine à une matière animale dont la dissolution aqueuse, fluide lorsqu'elle est chaude, se prend en gelée par le refroidissement. Cette matière, appliquée à de nombreux besoins, provenant de diverses origines, présentée sous des formes variées et à des états de pureté inégaux, reçoit plusieurs noms, ceux entre autres de colle d'os ou gélatine proprement dite, colle de nerfs, colle de peau, colle de bouillon, colle au baquet, colle liquide, ichthyocolle ou colle de poisson ; la colle à bouche est une gélatine préparée et mélangée.

On connaît depuis longtemps la colle de peau et l'ichthyocolle. Pline, pour ne pas remonter plus loin, parle d'une colle employée par les menuisiers, dite colle de peau de taureau ; il cite aussi sous le même nom *colle*, mais en la distinguant parfaitement de la colle de peau, l'ichthyocolle, et il a soin de dire que celle-ci ne paraît pas être une colle de peau, comme est la colle de taureau, mais qu'elle est retirée du ventre du poisson (l'esturgeon). *Quidam ex ventre non e corio fieri discunt ichthyocollam ut glutinum taurinum.*

La gélatine des os est connue seulement depuis la fin du siècle dernier, et ce n'est que dans ces trente dernières années qu'elle est devenue un produit important : cependant Papin avait offert à Charles II le moyen de préparer en vingt-quatre heures 150 livres de gelée, extraite des os, dans sa marmite, en brûlant seulement 11 livres de charbon de bois. Berzélius rapporte que cette expérience, dont le roi avait été séduit, fut ajournée par une mauvaise plaisanterie. « On avait suspendu au cou d'un des chiens de la meute royale une requête par laquelle ils priaient le roi de ne pas les priver d'une nourriture qui leur revenait de droit. C'en fut assez pour que ce prince léger écartât le projet. » Duhamel, à qui l'on doit le premier document sérieux sur la préparation des colles, dit : « La colle forte est une dissolution dans l'eau des parties membraneuses, cartilagineuses et tendineuses des animaux, desséchée ensuite et fondue en tablettes ; et il ajoute : les gelées

de cornes de cerf, celles de pieds de veau seraient de la colle si on les desséchait. Les rognures des peaux et des cuirs, les pieds, la peau de la tête et de la queue de plusieurs animaux, *les os même, si on se servait de la marmite de Papin pour les dissoudre,* pourraient fournir de la colle. » L'auteur indique qu'il a fait des essais mais qu'il ne les a pas poussés très-loin ; qu'il a pu obtenir *avec les os* une colle qui était, il est vrai, très-noire, mais qui paraissait très-forte et qui aurait été meilleure *s'il eût commencé par ôter la moelle et la graisse, et par enlever au moyen d'un acide la substance terreuse des os pour n'avoir à dissoudre que la partie cartilagineuse.* Une seule considération l'a arrêté, il a craint que la dépense n'emportât le profit.

Grenet, de Rouen, reprit les expériences de Papin, et ses recherches le conduisirent à voir que les os divisés, notamment les sciures des boutonniers, donnaient directement de la gélatine par la seule ébullition de l'eau sous la pression ordinaire.

C'est à Darcet père et fils que nous devons les bases certaines de l'industrie actuelle de la gélatine par le traitement des os au moyen de l'acide hydrochlorique. C'est le procédé né de leurs persévérantes recherches que nous allons décrire, tel qu'il est suivi dans la fabrique de M. Riess, de Dieuze, la première que nous ayons en ce genre.

Pour préparer la gélatine d'os par l'acide, on se procure des os sains et propres; on les choisit moyennement durs et spongieux (les os trop durs renferment trop de phosphates et exigent trop d'acide et trop de temps pour leur préparation). Les meilleurs os, en ce sens qu'ils donnent le produit le plus blanc, sont les dentelles des fabricants de boutons : ces os ont été blanchis sur le pré. Les cornillons, les têtes de bœuf, donnent une gélatine plus colorée ; les têtes de cheval donnent encore plus de couleur. Ces os sont mis à macérer dans l'eau acidulée avec 250 litres d'acide hydrochlorique à 22° Baumé pour 650 litres d'eau. Cette macération, qui s'opère dans des baquets de bois, dans des auges de pierre siliceuse ou dans des auges de bois doublées de plomb, dure de douze à quinze jours; après ce temps, les os devenus mous sont changés d'eau et rincés avec soin.

Les eaux de dissolution sont évaporées pour en retirer le biphosphate de chaux ou précipitées par un lait de chaux pour en retirer le phosphate de chaux basique.

Le premier mode de traitement est employé quand on a en vue la fabrication du phosphore; le second, quand on destine

ce phosphate de chaux à la fabrication des poteries ou à la confection des engrais.

Les os recueillis, rincés, sont trempés dans un lait de chaux, puis mis à sécher et conservés en un lieu sec jusqu'au moment où ils entrent en fabrication. L'addition de la chaux a pour effet de neutraliser entièrement l'acide que n'enlève pas le lavage ; la dessiccation a sans doute pour but d'augmenter la durée du contact, d'amener par l'effet de l'osmose toutes les parties du liquide contenu dans les tissus de l'os au contact de la chaux qui sature l'acide, et sans doute aussi de carbonater la chaux d'une manière complète, peut-être de coaguler définitivement certaines matières albuminoïdes qui louchiraient la colle.

Les os prêts pour l'emploi sont jetés dans une chaudière à double fond, analogue à une chaudière à laver le linge, où ils sont peu après attaqués et dissous par l'action de l'eau bouillante. Lorsque la dissolution est complète, le liquide marque 2 degrés environ de l'aréomètre Baumé pour la température de 15° centésimaux ; à cet état, le liquide présente un indice que les ouvriers savent apprécier et qui les guide comme *le fil de sucre* guide le cuiseur dans les raffineries ; un cristal d'alun, que l'on trempe dans la chaudière et qui s'imprègne de la liqueur gélatineuse, laisse, lorsqu'on le retire, s'écouler une matière filante qui résulte de l'action de l'alun sur la gélatine à ce degré de concentration. Tant que ce caractère manque, il y a lieu de poursuivre la cuite et de renouveler l'épreuve de l'alun : au bout de quelque temps d'ébullition, quand le degré des cuites est atteint, on filtre à travers une toile métallique de fil de laiton qui présente des interstices à peu près semblables à ceux du canevas dont on se sert pour broder.

On verse le liquide dans des caisses en bois rectangulaires de 1 mètre 40 centimètres de longueur, sur 20 centimètres de largeur, 12 centimètres de hauteur et on l'abandonne au refroidissement.

Lorsqu'elle est descendue à la température ordinaire, la gélatine se prend en gelée, on *dépote* en renversant les caisses sur un plan et on divise la gelée par tranches minces au moyen d'un fil, de la même manière que l'on coupe le beurre, ou bien on dispose un outil marchant entre des rainures et portant plusieurs fils ou rubans d'acier solidairement et parallèlement disposés.

Dans ce cas, la masse de gelée est poussée contre les fils qui la traversent et la séparent en feuillets plus ou moins épais, selon la quantité.

Ainsi découpée, la gélatine est étendue sur des filets tendus sur des châssis et placés au grand air sous un angle de 35 degrés environ.

Ces filets sont de fil de chanvre, le diamètre des mailles est de 2 centimètres, la grosseur des fils de 2 millimètres. Par l'action de l'air, l'eau de cristillation de la gelée s'évapore, la matière solide se séchant, se ramasse sur elle-même, son épaisseur diminue progressivement à mesure que sa dureté augmente ; lorsque les tranches sont suffisamment consolidées, on les détache du filet ; si elles sont coupées assez épaisses, on les retourne avant l'entière dessiccation ; si elles sont minces cette opération est superflue. Les feuillets de gélatine emportent la trace de leur séjour sur le filet ; ils sont quadrillés et souvent on y voit des fragments de fils qui y restent adhérents.

Il faut, tant que la gélatine reste exposée à l'air, éviter la pluie, et tant qu'elle est encore mouillée craindre l'ardeur du soleil qu'elle ne peut supporter avant qu'elle ait pris une certaine consistance. Pour ces raisons, il convient d'avoir sur l'étendage (le pré) un hangar où les filets sont réunis au besoin, et d'ailleurs remisés chaque nuit afin d'éviter la rosée ; on les y rentre en grande hâte lorsque le temps est menaçant ; on y dépose également les gelées tremblantes pour qu'elles y subissent la première phase de la dessiccation. La gélatine est sèche, quand elle a perdu les 83 centièmes de son poids.

Les caractères d'une bonne gélatine sont :

1° D'être parfaitement inodore, même lorsqu'on souffle dessus l'humidité de l'haleine ;

2° D'être incolore ou faiblement colorée en *jaune ambré* s'il s'agit de la gélatine alimentaire ; quant aux gélatines servant aux apprêts, elles sont assez colorées, quoique très-bonnes d'ailleurs.

La qualité de la gélatine s'apprécie, selon M. Schatenmann de Bouxviller, par la quantité d'eau absorbée : plus la gélatine absorbe d'eau, plus sa qualité est supérieure.

La belle colle d'os, premier blanc, est destinée aux applications culinaires ; les sortes inférieures, avec les mêmes qualités mais colorées, servent pour l'apprêt de la laine pour mérinos et de la paille à chapeaux, aussi pour le collage des vins, etc.

On prépare de la gélatine de couleurs diverses en ajoutant des matières colorées solubles au bouillon de gélatine avant de la couler dans les caisses. Ces diverses couleurs sont celles de l'*aniline*, l'acide picrique, l'indigo soluble, le vert de Chine, etc.

On peut obtenir des feuilles exemptes de stries en opérant de la manière suivante : on prend une feuille de verre mince munie d'un cadre qu'on choisit à rebords ; on l'enduit de fiel de bœuf de manière que toute la surface soit parfaitement recouverte d'une couche sans épaisseur ; puis on verse la gélatine en dissolution à une température telle qu'on puisse la faire couler sur toute la surface avant qu'elle se prenne en gelée.

Si le bouillon gélatineux est versé sur une surface lisse et polie, la feuille de gélatine est polie comme cette surface ; s'il rencontre des aspérités, la feuille les reproduit. Aussi, quand on emploie du verre mousseline, on obtient des feuilles qui conservent l'empreinte du dessin avec une finesse merveilleuse, et l'exactitude des détails est telle qu'on a pu reproduire l'image daguerrienne.

Ces dessins sur gélatine jouissent d'une curieuse propriété ; leur dimension peut être réduite sans le secours de l'artiste : il suffit pour cela que la feuille de gélatine qui porte l'empreinte soit trempée dans l'alcool ; sous l'influence de ce liquide très-hygrométrique, la gélatine se sèche, se resserre et l'effet se trouve ainsi produit.

On a proposé diverses applications pour ces feuilles de gélatine ; on les emploie comme papier transparent pour calquer des dessins, voire même des photographies ; on peut les faire assez épaisses pour qu'une pointe sèche les grave ; on introduit dans le sillon une poudre colorée, et retournant la feuille de gélatine on reporte l'empreinte sur pierre dans la position renversée qui convient au tirage.

On fait en gélatine même des fleurs artificielles, des pains à cacheter. On l'emploie comme revêtement pour remplacer le vernis sur des gravures ou des enluminures et pour les papiers de fantaisie, où on la recouvre de couleurs pour faire des simulacres de vitraux ; le plus souvent, pour cette application, on emprisonne les feuillets de gélatine entre deux feuillets de verre.

Pour toutes ces applications il convient d'avoir une gélatine d'os pure et bien préparée.

II. — COLLES.

COLLE D'OS.

Depuis que Parmentier et Pelletier père ont publié leur beau rapport sur la communication de Grenet, de Rouen, il n'a rien

été fait sur la colle d'os que ces savants n'aient annoncé ou prévu; on a seulement perfectionné les détails d'opération, on a fait plus et mieux, on n'a pas fait d'une autre manière.

Le rapport indique deux procédés : l'un consistant à enlever aux os une partie de la gélatine pour faire ensuite servir l'os indissous à la confection du noir animal; l'autre se proposant de réduire l'os entièrement en gélatine et en phosphate de chaux (ce dernier propre à l'agriculture).

Le premier procédé est critiqué par Parmentier et Pelletier; il donne un noir que je suppose, avec les savants rapporteurs, être d'une qualité moindre que celui du charbon d'os ordinaire, moins solide que le noir fait d'os intacts; mais il doit avoir l'avantage de donner un rendement meilleur comme graisse d'os, outre qu'il fournit de la gélatine.

Le second procédé est plus radical et constitue une industrie plus nette; les bouillons, dans les deux cas, sont employés exclusivement dans la confection des colles d'os, ce n'est que par abus qu'on les fait entrer dans les gélatines proprement dites.

COLLE-FORTE.

Les peaux sont avec les os les matières les plus employées pour la préparation des produits gélatineux, notamment de la *colle-forte;* les anciens préparaient cette colle avec la peau de taureau et sans doute avec toutes les peaux de bœuf, de vache; seulement il est probable que le nom de *colle de taureau* avait été choisi comme donnant une idée avantageuse de la force du produit.

Aujourd'hui, comme alors, on prépare la colle avec les rognures de peaux, notamment avec les rognures qui viennent de Buenos-Ayres, et celles que le commerce appelle *brochettes* qui proviennent de nos abattoirs, avec les nerfs, les verges, etc.

Ces peaux sont mises à tremper dans l'eau de chaux, nettoyées, débourrées, puis mises à cuire comme les os; le bouillon se prend en gelée par le refroidissement tout comme le bouillon d'os. On distingue de nombreuses variétés de colle, qui diffèrent par la nature et les proportions de leurs matières premières, ainsi que par le mode de fabrication.

Les colles de Givet sont principalement fabriquées avec les rognures de Buenos-Ayres; toutefois certains fabricants admettent l'emploi des brochettes; ce qui constitue la supériorité de cette variété, c'est le soin apporté à sa préparation. Les rognures sont

mises à macérer avec le lait de chaux; elles y restent jusqu'à ce que toute la chair ait été détruite, ce qui exige un temps variable, quelquefois des mois entiers. Lorsque la macération est achevée, elles sont soumises à un lavage très-prolongé à l'eau courante et légèrement pilonnées sous l'action de ce courant d'eau limpide pure et fraîche.

Les colles de Château-Renaut et de Lille faites à l'instar de celles de Givet sont moins estimées. Celles de la qualité dite de Lyon sont faites de bouillon d'os avec plus ou moins de brochettes. Elles sont plus belles que celles de Givet; on les dit moins nerveuses. Toutefois, les colles fabriquées à Lyon sous la marque étoilée, et qui sont préparées à l'instar de Givet, sont comparables à celles-ci.

A Paris, on fabrique des colles comme celles de Givet et comme celles de Lyon; les qualités en sont inférieures, parce que la fabrication en est trop précipitée : on ne donne ni le temps, ni la main-d'œuvre, ni les soins suffisants; on ménage trop la chaux et l'on compte trop sur l'action des acides pour en neutraliser les effets. Les colles de Cologne, que l'on fabrique aussi à Strasbourg et à Metz, ne diffèrent de la colle de Givet que par un tour de main dans la fabrication; leur nature est la même : elles sont d'un jaune sale et opaque.

Collettes.—On donne le nom de *collettes* à des colles faites exclusivement avec des déchets de tannerie employés verts (n'ayant pas été séchés). Ces colles sont coupées mince comme les gélatines : celles de veau sont meilleures, puis viennent celles de mouton, enfin celles de cheval. La qualité dite d'Alsace, fabriquée à Strasbourg avec les rognures de cheval et de mouton est la moins estimée.

On fabrique à Annonay une collette faite avec les rognures de chevreau à laquelle on donne l'apparence de la colle d'os. Ce produit a des qualités; on ne la prépare nulle part aussi bien qu'à Annonay. Enfin, on obtient des pieds de bœuf, après extraction de l'huile, une colette qui a de la qualité, mais dont l'aspect est peu flatteur.

Une espèce de colle très-commune est obtenue avec un mélange de basses matières, bouillon de viande de cheval, pannes de lard, pattes et becs de volaille, déchets triés par les chiffonniers, têtes et pieds de mouton mêlés de brochettes avec addition d'os gélatinés pour relever la qualité du mélange.

La cuisson des colles se fait encore très-souvent à feu nu. Cer-

tains fabricants importants, dont le nombre augmente sans cesse, cuisent à la vapeur; s'il s'agit de dissoudre les os gélatinés, ou s'ils font le bouillon de viande d'abats ou de basses matières, ils se servent des autoclaves et cuisent sous pression; s'ils ont à dissoudre des rognures de peaux ou des brochettes, ils les introduisent dans une bassine de fer, dans laquelle ils lancent directement la vapeur.

Il est important que les matières restent sur le feu aussi peu de temps que possible. Certains fabricants font plusieurs soutirages et plusieurs qualités sur une même cuite; d'autres font aussi plusieurs soutirages, mais ils mêlent les divers bouillons et ne font qu'un produit. Le mieux est d'assortir ses matières afin qu'elles se dissolvent chacune dans le même temps, et de mêler les bouillons.

La clarification du liquide gélatineux se fait par le repos; on obtient, dit-on, un meilleur résultant en ajoutant au liquide de l'alun ou du biphosphate de chaux. Quelques fabricants emploient le sulfate de zinc.

Cette opération se fait dans un vase très-conique à doubles parois; la vapeur qui circule dans l'espace libre empêche le refroidissement du liquide. Lorsque le dépôt s'est rassemblé dans le sommet du cône (renversé), on l'expulse en ouvrant le robinet et prélevant ainsi quelques seaux du liquide (quelques centièmes du volume).

Il est préférable d'éviter ces clarifications forcées; l'emploi d'agents chimiques, celui de l'alun même en petite quantité est toujours préjudiciable à la qualité de la colle.

Il faut également condamner l'évaporation, le mieux étant d'obtenir des bouillons immédiatement solidifiables. Toutefois, certains fabricants continuent encore d'évaporer. Chez ceux-ci, l'évaporation se fait dans des vases de différentes formes : le plus souvent ce sont des poissonnières chauffées par des serpentins de vapeur; on emploie aussi des chaudières très-plates qui souvent sont disposées de manière à utiliser de la chaleur perdue ou des chaudières semblables à celles dans lesquelles se fait la coction, alors la réduction se fait à l'ébullition.

Le bouillon rapproché est versé dans des mises comme pour la gélatine ; les blocs, après la prise, sont renversés et divisés comme il a été dit.

Si les tranches sont minces, comme celles de la gélatine, le produit, qui prend le nom de collette, sèche alors rapidement; si

les tranches sont épaisses, le produit est la colle-forte proprement dite.

La dessiccation de la colle se fait à l'air sur des filets placés horizontalement et superposés; chacun est isolé de celui de dessous par quatre pieds. Les colonnes des filets sont disposées dans des séchoirs bien aérés, défendus des coups de vent et des ardeurs du soleil. La dessiccation est possible dans notre climat pendant huit à neuf mois environ; elle se fait plus ou moins bien selon le temps, mais il faut y renoncer pendant trois ou quatre mois.

Si le temps est trop humide, la colle ne sèche pas; s'il fait trop froid, elle gèle; s'il fait trop chaud, elle passe à travers les châssis. La colle gelée n'est pas perdue; la qualité n'en est pas diminuée, mais son aspect la rend invendable; la cristallisation de la glace lui a fait perdre toute son homogénéité, elle est opaque et graveleuse; la colle en fondant salit les filets, est en partie perdue, et il sort de cette perte une main-d'œuvre considérable.

On peut se défendre, jusqu'à un certain point, des effets du chaud et du froid en ressuyant la colle et provoquant le départ d'une certaine quantité d'eau, ce qui la rend plus résistante aux écarts de température.

Divers moyens ont été proposés pour *consolider* la colle; entre autres, on a conseillé de placer les filets dans des chambres closes dont on renouvelle l'air par l'action d'un ventilateur ou d'une cheminée d'appel chaque fois que l'hygromètre indique que l'air est saturé. Quelquefois on maintient un courant régulier d'air, froid d'abord, puis régulièrement échauffé à mesure que la dessiccation s'accomplit; dans ce cas, on peut opérer toute l'année.

On a tenté, dans ce but, d'employer le système de ventilation rapide de M. Gannal, décrit à l'article *Conservation;* mais le succès n'a pas répondu à l'attente : il est arrivé que lorsqu'on faisait des collettes, la surface se desséchait plus vite que le centre, et la masse se crispait, se contournait, et que, quand on desséchait des colles, le même effet se produisant, la colle se brisait, ou la surface extérieure des morceaux devenait bientôt très-dure et l'intérieur ne séchait qu'avec une peine extrême.

Les emplois de la colle-forte sont très-nombreux; elle sert aux menuisiers, aux ébénistes pour coller le bois; aux relieurs, etc. Les colles sont en feuilles épaisses de 1 centimètre et de 15 à 20 centimètres de côté; les colles de Cologne sont en feuilles épaisses de 9 à 10 centimètres de largeur.

La meilleure colle est, toutes choses égales, la plus pure; elle

est la plus tenace. On apprécie certaines gélatines au goût, à l'odorat, à la couleur, à la transparence; mais ce qui constitue la valeur de la colle-forte, c'est surtout la ténacité. Pour apprécier la qualité des colles, à ce point de vue, on en fait une dissolution sous un poids déterminé, et, avec l'eau de colle, on imprègne des petits prismes de craie, sorte de pastels, de grosseur régulière; la craie imprégnée de colle fondue acquiert, après dessiccation, une ténacité d'autant plus grande que la colle est meilleure, et le poids sous lequel le prisme *encollé* se rompt est le point de comparaison pour juger la qualité des colles.

Lorsque la colle doit être consommée précipitamment, et qu'on peut la fabriquer pour ainsi dire au jour le jour, on ne la fait pas sécher, on la vend à l'état de gelée; c'est ce qu'on appelle la colle au baquet, que l'on prépare principalement avec des rognures obtenues par les coupeurs de poils par procédé mécanique [1].

Ces rognures appelées vermicelles sont facilement réduites en bouillon; on les traite par l'eau à feu nu, ou mieux par la vapeur. Une partie de rognures fournit 10 parties de colle environ; l'addition d'un peu d'alun ajoute à la fermeté du produit, et quelque peu de sulfate de zinc en retarde la putréfaction. Ce réactif a surtout pour effet d'empêcher la colle de *tourner*, principalement par les temps d'orage, c'est-à-dire de se liquéfier et de perdre en partie la propriété de se prendre en gelée. Nos fabricants estiment surtout les peaux de lapins du pays; ces peaux donnent une colle ferme, blanche, très-abondante; les lièvres donnent une colle plus liquide, mais plus molle, qui toutefois devient assez ferme au bout de quelques jours. Cette colle est aussi plus colorée que

[1] Les peaux de lapin, de lièvre, de ragondin, rat musqué, etc., sont d'abord passées au secret, c'est-à-dire traitées par une dissolution de nitrate de mercure et soumises à la chaleur de l'étuve. Le but de cette préparation, longtemps tenue secrète, est de donner au poil la propriété de se *feutrer*. Après cette opération, la peau est coupée mécaniquement par lanières, au moyen d'un tranchant qui en détache le poil; ce travail est si net, si précis, que la toison reste entière. Il n'y plus qu'à livrer cette dépouille à l'action d'un ventilateur qui fait la séparation entre le poil et le duvet.

Un vif courant d'air introduit dans une longue caisse à l'entrée de laquelle est placé le poil tel qu'il est séparé de la peau, assortit les deux qualités; les poils sont lancés à peu de distance, comme le seraient des flèches, tandis que le duvet est entraîné au loin : c'est avec celui-ci que l'on confectionne les chapeaux.

celle de lapins du pays, elle renferme plus de sang; les vermicelles de lapin d'Angleterre tiennent de la nature des vermicelles de lièvre.

La fabrication de Paris occupe pour ces colles 200 baquets au moins par jour; les mêmes maisons qui préparent la colle animale au baquet font également la colle de farine, qui se vend aussi au baquet et qui a une consommation trois fois plus considérable, ce qui fait un mouvement de 1,600 baquets par jour pour ces deux articles, dans Paris seulement. On vend dans le commerce deux qualités de colle : l'une, appelée *colle double,* est le produit du premier bouillon; l'autre, *colle simple* ou *colle,* est le produit du second bouillon. La colle double sert pour les apprêts des doreurs; la colle simple est employée par les fabricants de papiers peints pour fixer leurs couleurs, et par les peintres, pour la peinture dite à la colle; on l'emploie aussi pour le collage du papier, on l'additionne d'alun; toutefois, pour ce dernier usage, il serait mieux de préparer la colle tremblante avec les rognures de peau.

La colle de parchemin, obtenue avec les rognures que laissent les parcheminiers, constitue un article spécial; elle est analogue à la précédente et sert à des usages spéciaux; elle est surtout destinée à la fabrication des fleurs; on l'emploie pour les apprêts.

Pour terminer cette nomenclature des variétés de colles commerciales, il reste à signaler *la colle liquide*, qui n'est autre que la colle ordinaire, empêchée par l'action d'un acide de se prendre en gelée. Cette propriété seule manque au produit qui n'en garde pas moins la vertu adhésive.

Enfin on donne le nom de *colle à bouche* à un mélange de parties égales de gélatine et de sucre, préparé à la manière de la colle-forte.

ICHTHYOCOLLE OU COLLE DE POISSON.

Ce produit est très-anciennement connu; il y a eu dans le commerce de nombreuses variétés qui disparaissent chaque jour. Celle qui se trouve le plus communément vient principalement de Russie. On la prépare avec la vessie aérienne du grand esturgeon. Elle vient aujourd'hui en feuilles informes. Pendant longtemps la manière de la préparer et les formes qu'elle recevait lui ont fait donner plusieurs noms différents. On nommait *colle en lyre, en cœur,* celle qu'on obtenait en nettoyant les vessies, les roulant sur elles-mêmes, les faisant sécher et les modelant, tandis

qu'elles sont encore molles, sous des formes qui rappellent plus ou moins une lyre, un cœur. On appelait également la colle en lyre *petit cordon ;* la colle en cœur avait pour nom *gros cordon.*

La *colle en livre* était fournie de vessies simplement pliées comme le papier d'un livre et fixées à l'aide d'un bâton qui les traverse.

On trouve enfin des colles en feuillets isolés ; d'autres en feuilles épaisses irrégulières dites *savattes,* d'autres enfin en boules du poids de 300 à 400 grammes.

La colle anglaise est de l'ichthyocolle blanche filiforme. Cette colle vitreuse, dit M. Guibourt, est aussi de la colle de poisson, mais épurée et mise sous forme de lames très-minces, incolores, translucides comme du verre, à surface resplendissante, rayées de lignes parallèles rapprochées ; elle présente la consistance et presque la ténacité de la corne.

On vend, pour les mêmes usages que l'ichthyocolle, les vessies de machoiraux (poisson de la famille des islaroïdes); cette substance n'a pas les qualités de la colle de poisson, non plus que les fausses colles en lyre et en feuilles, qu'on trouve aussi dans le commerce et par lesquelles on trompe l'acheteur qui s'attache aujourd'hui à ces formes inusitées.

Enfin, comme colle de poisson factice, on trouve de la peau battue qui ne vaut pas plus que le parchemin. Ce produit très-important ne se vend guère que 5 fr. le kilogr. quand la vraie colle de poisson de Russie vaut 42 à 43 fr.

BARRESWIL.

HUILES ET GRAISSES

I.—NATURE ET ORIGINE DES HUILES ET DES GRAISSES.

On désigne sous ces deux noms des corps gras neutres, d'une consistance molle ou fluide, insolubles dans l'eau, tachant le papier ou les étoffes, d'une saveur presque nulle en général, doux au toucher, éminemment combustibles et fournissant une flamme très-éclairante et très-échauffante.

Il n'existe pas d'autre différence entre une huile et une graisse que leur état physique. Une huile est une graisse fondue; une graisse est une huile figée. Les graisses provenant des diverses espèces de lait portent le nom de *beurres;* celles qu'on extrait des animaux portent le nom de *suifs*.

On trouve les huiles et les graisses dans les trois règnes. Dans le règne végétal et dans le règne animal, elles ont presque toujours alors la composition générale $C^aH^bO^c$, c'est-à-dire qu'elles contiennent de l'hydrogène, du carbone et de l'oxygène. Les huiles essentielles ou essences, qui sont volatiles et ne peuvent pas être rangées parmi les corps gras véritables, sont des hydrogènes carbonés sans oxygène (voy. *Essences*, ESS). Dans le règne minéral, on ne trouve que des hydrogènes carbonés C^iH^k, qui ne peuvent, pas plus que les huiles essentielles, être envisagés comme de véritables corps gras.

Dans les plantes, c'est surtout le fruit ou plutôt la graine qui se montre riche en matière grasse. En général, cette matière est enfermée dans les cellules sous forme de gouttelettes, qui augmentent sans cesse en nombre et en volume pendant que le fruit mûrit. En même temps se développe une matière azotée, la *synaptase,* qui trouble le liquide et s'attache aux parois des cellules qu'elle rend de plus en plus opaques.

Chez les animaux, les cellules sont remplies de graisse; elles se dépriment mutuellement, et de sphériques deviennent polyédriques. Elles se présentent en amas, surtout entre les feuillets du mésentère, autour des reins et sous la peau.

II.—EXTRACTION DES HUILES ET GRAISSES.

GRAISSES ET BEURRES.

Les procédés généralement suivis pour l'extraction des graisses proprement dites et du beurre ne doivent point nous occuper en ce moment; les premiers ont été étudiés à propos de l'*Eclairage par les corps gras* (voy. ÉCL). Les seconds font l'objet d'un travail spécial et se rattachant à l'étude du produit dont ils dérivent : le lait (voy. *Lait, beurres, etc.* LAI).

EXTRACTION DE L'HUILE D'OLIVES.

L'huile que fournissent les olives s'extrait, dans les pays civilisés, par des procédés manufacturiers, mais les peuples primitifs emploient des moyens plus simples. A ce propos, on lira sans doute avec intérêt la note suivante de M. Bock, sur le procédé suivi par les Kabyles en Algérie.

« Ils creusent dans la terre, à proximité d'une source, des « trous sphériques qu'ils tapissent de terre glaise. A l'époque de « la récolte, ils y jettent les olives, de manière à remplir ces « trous qui ont environ 1 mètre de profondeur sur 0m70 à 0m80 « de diamètre. Après avoir laissé fermenter les olives pendant « cinq à six jours, ils les font retirer par leurs femmes qui, armées « de battes, les macèrent sans toutefois en entamer les noyaux. « Quand la chair est ramollie, les olives sont de nouveau mises « dans les trous où la fabrication s'achève par le piétinement « qui fait détacher une couche d'huile plus ou moins épaisse. « L'eau de la source est alors introduite dans les trous; elle fait « surnager l'huile, et celle-ci, recueillie dans des peaux de bouc, « passe aux marchés. »

En France on opère de la manière suivante :

Les olives sont écrasées sous des moulins à meules verticales (fig. 363) et réduites en une pulpe molle qu'on enferme dans des *cabas* ou *scouffins* en sparterie ou en toile, ou dans des sacs de laine enveloppés de crin pour la porter aux pressoirs. Ceux-ci sont des presses hydrauliques horizontales, semblables à celle représentée dans la figure 327. L'huile qui s'en écoule est recueillie dans un réservoir à moitié plein d'eau.

Quand toutes les précautions de propreté ont été prises, quand les olives ont été récoltées à la cueillette et non à la gaule, quand elles ont été soigneusement triées et quand la pulpe est portée de suite sous une presse entretenue proprement, cette huile de

première pression porte le nom d'*huile vierge ;* elle est verdâtre



Fig. 363.—Moulins à huiles.

et, malgré le goût de fruit qu'elle conserve, elle est ordinairement très-recherchée pour les aliments.

Les *tourteaux* ou *grignons* sont ensuite tirés des sacs et soumis à une nouvelle action des meules ; on met la pulpe dans les cabas, on l'arrose d'eau bouillante et on reporte sur-le-champ à la presse. Cet *échaudage* gonfle la pulpe, coagule les parties albumineuses, rend l'huile plus fluide et prépare ainsi le deuxième et presque entier écoulement de l'huile.

Malheureusement beaucoup d'huileries n'ont pas encore adopté ces moyens vraiment économiques, et leurs tourteaux ou grignons sont encore envoyés dans les *moulins de recense,* où s'achève l'extraction. Dans ce cas, on plonge les grignons le plus promptement possible dans l'eau, pour éviter une fermentation qui détruirait toute l'huile, et, pour mieux extraire celle-ci, on commence par séparer la pulpe des fragments de noyaux, en triturant les grignons sous une meule au milieu d'un puits traversé par un courant d'eau froide. La pulpe convenablement délayée tombe, par une trappe, dans un autre puits semblable où une meule plus lourde achève de la pulvériser, tandis qu'un râteau fixé à l'axe vertical met le tout en suspension dans l'eau et permet aux fragments ligneux de gagner le fond. L'eau des deux puits, entraînant avec elle la partie charnue, se rend dans des réservoirs, et le bois des noyaux est enlevé de temps en temps par une vanne.

Les réservoirs où l'on dirige les parties molles contenant encore de l'huile communiquent entre eux par des siphons. Le parenchyme huileux qui surnage s'y accumule pendant que l'eau s'écoule, et on l'enlève au moyen d'écumoires. On le place ensuite dans des chaudières où on le chauffe à l'ébullition pour le séparer de l'eau, puis enfin on l'introduit dans les cabas et on le soumet à la presse.

L'huile de première pression est, en général, déposée dans de grandes jarres de grès qu'on entretient à 15° au moins pour faciliter le dépôt des matières étrangères. Celle de seconde pression est réunie dans de grandes citernes en maçonnerie nommées *piles*. Quand la clarification spontanée est complète, on transvase la partie claire, et le dépôt de *crasse* est soumis à un dernier travail qui fournit une huile de basse qualité.

L'huile claire est soustraite avec soin à l'action de l'air qui la ferait rancir et la déprécierait promptement.

EXTRACTION DES HUILES DITES DE GRAINES.

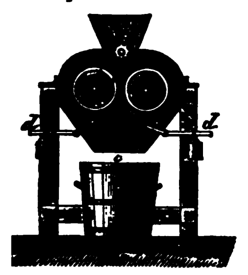
Cette extraction se pratique sur une grande échelle dans le département du Nord et offre aux portes de Lille un spectacle curieux. Dans la plaine unie de Moulins-Lille plus de cinq cents moulins à vent sont pour la plupart employés à ce travail. Ces moulins mettent en mouvement des pilons de bocard et des presses à coins. Les pilons sont des solives de chêne armées d'une tête en fer cannelée. Le mortier est creusé dans deux fortes pièces de charpente. Ses parois sont revêtues de tôle de fer, et le choc du pilon porte sur un culot de fonte enchâssé dans le fond du mortier. Malgré ses nombreux inconvénients, ce système, qui reste à la portée des petits cultivateurs, est très-employé.

Au lieu des pilons qui font un bruit des plus désagréables et produisent des secousses destructives, on emploie dans quelques moulins une paire de meules cannelées en fer, qui broient et déchirent la graine et la pressent si fortement qu'une partie de l'huile s'écoule de suite. On rencontre de même presque tous les moyens connus de broyage.

La pulpe est d'abord chauffée à feu nu ou à la vapeur, puis soumise à l'action des presses. Lorsque la première pression est terminée, on reprend les tourteaux, on les soumet à un second broyage ou *rebat*. On échauffe la pulpe de nouveau, et, par un second pressurage, on extrait la presque totalité de l'huile; après quoi les tourteaux sont livrés à l'agriculture.

Dans les grandes exploitations, le broyage se pratique au moyen e deux machines distinctes.

La première est un laminoir ou concasseur en fonte alimenté par une trémie de bois *a*, au fond de laquelle tourne un petit cylindre cannelé (fig. 364) dont la vitesse permet une chute des graines proportionnée à l'action des cylindres *b* qui tournent avec lenteur.



ig. 364. — Concasseur de graines.

Du concasseur, les graines sont portées sous les meules verticales par charges de 60 à 75 kilogrammes, suivant l'espèce ; ces meules leur font subir un écrasage par l'action du poids et une torsion par leur pivotement sur le milieu de leur paisseur, ce qui les rejette meurtries vers les deux bords de auge. Deux racloirs fixés à l'arbre vertical les ramènent contiuellement sous les meules. Lorsque la pâte pulpeuse est dans n état convenable, un ramasseur la fait tomber par une vanne lans un bassin inférieur.

Une paire de meules pèse de 8 à 10,000 kilogr.; elles font 12 ɔurs par minute. Le broyage d'une charge de 60 à 75 kilogr. ure de quinze à vingt minutes; ainsi, en douze heures de travail, n peut broyer de 2,160 à 3,600 kilogr. de graines.

Quelquefois, et c'est là une bonne précaution, la graine est portée dans un chauffoir à vapeur avant d'être écrasée; ce chauffoir (fig. 365) est une sorte de chaudière autour de laquelle la vapeur circule dans un double-fond *b*; deux palettes *cc* la remuent et en renouvellent les surfaces.



Fig. 365. — Chauffoir à vapeur pour les graines oléagineuses.

Aussitôt la graine broyée, on peut en extraire l'huile; il faut alors la soumettre à une pression énergique et même, par un travail prolongé, on n'obtient pas le plus grand rendement. L'huile obtenue est une *huile vierge,* agréable pour les aliments. Si l'on tient plus au rendement qu'aux qualités culinaires, il faut soumettre préalablement la pulpe à une température de 60 ou 80° dans des chauffoirs à vapeur. On altère un peu la saveur de l'huile, mais il n'y a aucun inconvénient pour celles qui doivent servir à l'éclairage ou aux savonneries.

Depuis quelques années, l'extraction des huiles a reçu un perfectionnement notable. M. Deiss emploie, dans ce but, le sulfure de carbone. On sait combien ce liquide a de puissance dissolvante, et combien il est facile de le faire évaporer sans laisser de traces d'odeur ou d'un autre inconvénient quelconque des matières sulfurées pourvu qu'il ait été pris bien pur. Si donc, on soumet les matières premières à l'action du sulfure de carbone, après avoir extrait mécaniquement tout ce qu'elles peuvent fournir par pression, on parvient à enlever un reste de corps gras dont la valeur est bien supérieure aux frais que cette extraction nécessite. Ce travail s'exécute aujourd'hui sur une grande échelle en France et en Italie et donne d'importants résultats.

Il est souvent utile d'analyser les graines pour évaluer leur rendement. Le meilleur appareil à employer dans ce but est, je crois, celui que j'ai proposé pour d'autres usages semblables.

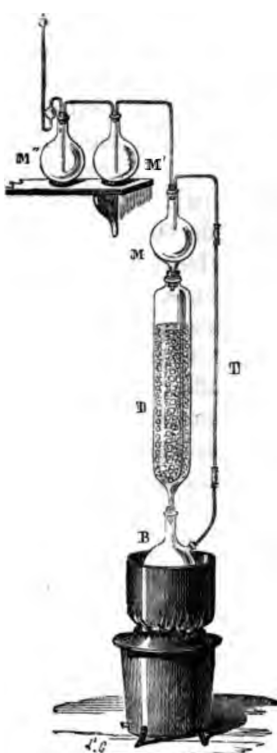


Fig. 366.—Appareil pour l'analyse des graines oléagineuses.

Dans l'allonge D, on introduit 100 gr. de graines broyées, maintenues par une mèche de coton. Le ballon B reçoit 4 à 500 grammes d'éther ou de sulfure de carbone (ou mieux de chloroforme qui est plus cher, mais dont on peut ne rien perdre et qui *n'est pas inflammable*). On chauffe au bain-marie ; les vapeurs montent par le tube T, se condensent presque entièrement dans le ballon M et retombent liquéfiées sur la graine. Les vapeurs non condensées vont en M′ et en M″ dont le bouchon porte un tube de sûreté muni d'une soupape (c'est tout simplement une ampoule de verre à deux longues pointes pour empêcher les projections de l'eau contenue dans la boule). Les tubes plongent jusqu'au fond des ballons M′, M″. Il se condense très-peu de chloroforme en M′ et pas du tout en M″, excepté quand la chaleur s'élève trop; mais on le voit facilement et on y remédie sans aucune peine en fermant le fourneau et enlevant l'eau chaude. Au besoin même on verse de

l'eau froide sur le ballon B ; immédiatement tout le chloroforme contenu en M'' est aspiré en M' et de M' en M. Les pertes d'éther ou de chloroforme sont nulles, et cet appareil accomplit en fort peu de temps un lavage parfait.

Quand les gouttes de chloroforme tombent depuis quelque temps bien incolores dans le ballon B, on arrête. On introduit le liquide de ce ballon dans un petit alambic tout semblable à ceux qui sont employés pour les essais de vins, on fait distiller le chloroforme. L'huile reste comme résidu et on en prend le poids.

III.—ÉPURATION DES HUILES ET DES GRAISSES.

Les matières grasses, obtenues par les procédés que nous venons de décrire, sont toujours souillées de plus ou moins d'impuretés, qui, même en très-faible proportion, nuisent beaucoup à l'usage. Ainsi l'huile de colza brute n'est pas propre à l'éclairage; elle charbonne les mèches. Cet inconvénient disparaît après une épuration peu coûteuse.

L'épuration se fait en pareil cas d'après une méthode indiquée par Thénard, en 1801. L'huile reçoit de 1 1/2 à 3 centièmes d'acide sulfurique concentré avec lequel on l'agite fortement pendant une demi-heure. Cette opération a lieu généralement dans

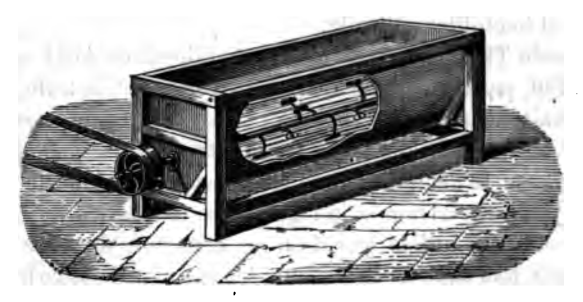


Fig. 367.— Mélangeur pour la purification des huiles.

des tonneaux; elle est conduite plus avantageusement dans un appareil comme celui de la figure 367, sorte de bac allongé où la matière est constamment brassée par un agitateur hélicoïdal disposé sur un arbre horizontal. L'huile devient verte d'abord, ensuite sa nuance tourne au brun par carbonisation; les parties albumineuses, les débris de parenchyme se précipitent en une masse noire qui se sépare nettement au bout de vingt-quatre

heures. L'huile est alors très-limpide. On ajoute par hectolitre 25 à 30 litres d'eau tiède (+35° à 40°) et on bat pendant une dizaine de minutes. Un courant de vapeur vaut mieux. On fait écouler l'huile dans de grands bassins où on l'abandonne à elle-même pendant trois à quatre jours. La séparation de l'huile et de l'eau acide est complète au bout de ce temps ; l'huile surnage et présente deux couches : la couche supérieure d'huile épurée très-limpide, la couche inférieure d'huile troublée par un dépôt noir. On enlève soigneusement la première ; la seconde, soumise à un turbinage, au travers du coton serré entre deux toiles métalliques, donne encore beaucoup d'huile claire. L'eau acide est employée à divers usages (fabrication des couperoses, du sulfate d'ammoniaque, etc.). Le déchet s'élève de 1 1/2 à 2 1/2 pour 100.

M. Dubrunfaut a modifié cette opération. Dans son procédé, aussitôt l'huile devenue verte, il ajoute de la chaux en bouillie de manière à saturer l'acide ; il laisse déposer le plâtre formé, puis fait couler l'huile dans de grands fûts où elle est battue avec de la poudre de tourteau sec (8 kilogr. par hectolitre) pendant une vingtaine de minutes. Au bout de huit jours environ, les deux tiers de l'huile sont parfaitement éclaircis ; on les enlève et on les remplace par de l'huile trouble. On continue ainsi jusqu'à ce que les 8 kilogr. de tourteau aient produit la clarification d'une trentaine d'hectolitres d'huile.

Le procédé Thénard paraît avoir été indiqué en Angleterre, dès l'année 1790, par Gower. En France, un fabricant de Lille, nommé Leroy, avait proposé et employé, dès 1788, l'acide azotique à 26°. Trois litres suffisent pour 1,000 litres d'huile. L'épuration est bonne, car le déchet s'élève à 4,8 pour 100. L'huile est très-belle, propre à l'éclairage et au graissage des laines.

Il est certaines huiles que l'on se contente de faire bouillir une ou deux fois avec de l'eau pour les épurer. C'est ce qu'on fait pour l'huile de pieds de bœuf.

L'horlogerie emploie une méthode très-simple pour purifier les huiles : on plonge dans l'huile une lame de plomb bien décapé. Avec le temps, il se forme de l'oxyde de plomb combiné avec *les matières* qui nuiraient le plus à l'usage spécial de l'huile. On n'a pas étudié cette action.

M. J. Roth emploie un procédé de son invention pour rendre les huiles propres au graissage en empêchant la formation de la gelée ou cambouis, si nuisible au jeu des machines.

Il fait chauffer les huiles et y ajoute du minium en poudre très-fine. En quelques heures l'opération est faite. Il nomme les huiles ainsi épurées *pyroléines*. Voici les proportions d'oxyde de plomb :

Pyroléine de colza liquide...............	$\frac{1}{1000}$
— — ferme..............	$\frac{1}{75}$
— d'olive liquide..............	$\frac{1}{1000}$

Le point de congélation des huiles se trouve abaissé par cette opération.

Les quantités d'huile obtenues par les procédés qui viennent d'être décrits varient.

Voici des tableaux qu'on peut consulter.

HUILE OBTENUE DE 100 KILOGR. DE GRAINES :					POIDS de l'hectolitre (+15°)
Coprah [1]......................		80 kil			
Noix..........................	40 à	70	46 à	50 lit	
Ricin commun.................		62			
Noisette.......................		60			
Cresson alenois..................	56	58			kil
Amandes douces...............	40	54	44	48	91,80
— amères................	28	46			
Œillette ou pavot..............	56	63	38	43	92,53
Radis oléifère.................		50			
Sésame pigoline...............	50	54	....		92,35
Tilleul d'Europe..............		48			
Arachide......................	43	47	....		91,70
Cotonnier......................		41	....		93,06
Croton tiglium (pignon d'Inde)..	22	40			
Cacao des îles..................		38,5			
— caraque.................		36			
Tabac..........................	32	36			
Moutarde blanche...............	36	38			
Chou-navet (navet de Suède)....		33,5			
Prunier domestique............		33,3			
Colza d'hiver...................	36	40	40	45	91,47
Colza d'été.....................	36	40	35	41	91,67
Choux..........................	30	39			
Navette........................	30	36	37	43	91,55
Euphorbe épurge...............		30			
Moutarde sauvage.............		30			
Gaude..........................	29	36			
Cameline......................	28	30	36	43	92,82
Courge........................		25			
Citronnier.....................		25			
Madia sativa...................		25	26	34	

[1] Amandes de noix de coco.

HUILE OBTENUE DE 100 KILOGR. DE GRAINES :					POIDS de l'hectolitre (+15°)
Onoporde acanthe		25			
Graine d'épicéa		24			
Chènévis	14	25	26	31	92,70
Lin	11	25	15	18	93,50
Faîne	15	17	26	33	92,07
Moutarde noire	15	19			
Muscade		22			
Châtaigne du Brésil		20			
Thlaspi		20			
Ben		17			
Grand soleil		15			
Laurier		10			
Soleil		15			
Pomme épineuse		15			
Pepins de raisins	14	22			
Marrons d'Inde	8	12			
Julienne		18			
Olives		21	10	12	91,70

IV.—COMPOSITION DES HUILES ET DES GRAISSES.

On doit à M. Chevreul les premières notions bien précises sur la composition des huiles.

Ce savant a montré que les huiles ou graisses sont formées de plusieurs corps gras neutres analogues, qu'il a nommés *stéarine*, *margarine*, *oléine*, *butyrine*, *caprine*, *caproïne*, *phocénine*; que tous ces corps se dédoublent en un acide gras particulier et en glycérine, et, par conséquent, que dans la saponification d'une huile ou d'une graisse il se forme un mélange de plusieurs sels (ce sont les savons) et de la glycérine.

On voit donc que les chimistes possèdent des renseignements précis et très-importants sur les corps gras neutres. Ces renseignements ont permis de reproduire quelques-uns de ces corps. Pourtant, il faut avouer que nous sommes encore loin de connaître les huiles ou les graisses au point de pouvoir résoudre toutes les questions intéressantes pour l'industrie.

En effet, les principes qui précèdent obligent à regarder les huiles et les graisses comme des mélanges de stéarine, de margarine, d'oléine, etc., en proportions variables. Les matières étrangères ne s'y trouveraient qu'en suspension ou en dissolution, mais non pas en combinaison chimique.

Cette manière d'envisager la constitution des corps gras rend

bien compte de certaines propriétés de ces corps. Elle explique comment les uns sont plus fluides (les huiles) et d'autres plus consistants (les graisses). C'est que les premiers sont riches en oléine qui est liquide, tandis que les derniers sont riches en stéarine, margarine, etc., qui sont solides.

Mais si l'on vient à se demander pourquoi les huiles présentent des différences si grandes dans leurs propriétés ; pourquoi les unes sont alimentaires, tandis que les autres sont de véritables poisons; pourquoi les unes sont siccatives, c'est-à-dire capables de se combiner avec l'oxygène de l'air et de se résinifier, tandis que d'autres résistent longtemps à son action ; ces questions et beaucoup d'autres ne peuvent plus être aussi facilement résolues.

Ainsi l'huile d'olives est alimentaire ; l'huile de *croton tiglium* est un poison. Cherche-t-on à s'expliquer cette différence, l'analyse montre que les deux huiles renferment du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène presque dans les mêmes proportions. Va-t-on plus loin et saponifie-t-on les deux huiles, la saponification fait découvrir dans l'huile de croton un acide huileux qu'on a peine à distinguer de l'acide oléique, car il ne s'en éloigne guère que par une volatilité douteuse, et on ne saurait expliquer son âcreté et ses propriétés vénéneuses.

Veut-on, d'un autre côté, s'expliquer la différence des huiles *siccatives* et des huiles *grasses*, on éprouve au moins autant d'embarras. L'huile de lin est siccative. Doit-elle cette propriété à quelque corps simple dont les huiles grasses seraient exemptes? Non, car toutes les huiles contiennent du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène, et si l'on cherche à isoler par la saponification quelque principe spécial, on trouve dans l'huile de lin un acide oléique différant sous quelques rapports de l'acide oléique de l'huile d'olives, mais sans pouvoir tirer de la composition de cet acide *linoléique* aucun argument précis. La science a encore beaucoup à faire pour l'étude de ces corps.

PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES DES HUILES ET GRAISSES.

En général, les huiles et les graisses sont plus légères que l'eau. Cette légèreté, cette faible densité varie notablement avec la température ; voici quelques nombres, d'après Th. de Saussure :

	+12°	+15°	+25°	+50°	+69°	+94°
Huile d'olives..........	0.919	»	0.911	0.893	»	0.862
— d'amandes.......	0.920	»	»	»	»	0.863
— noix...........	0.928	»	0.919	»	»	0.871
— lin..............	0.939	»	0.930	0.921	»	0.881
— ricin............	0.970	»	0.957	»	»	0.908
Graisse de porc........	»	0.938	»	0.892	0.881	0.863

On voit que la densité décroît plus rapidement que la température n'augmente, et cela se montre de plus en plus quand la température s'élève.

La chaleur amollit promptement les huiles figées et les graisses. Voici les points de fusion observés par Braconnot pour les parties solides extraites par simple pression :

	Température de fusion.		Solidification.
Huile d'amandes	+ 6°	Huile d'olives..........	+7°
— de colza.........	+ 7,5	— d'amandes.......	—25
— d'olives	+20	— de baleine........	0
Graisse d'oie.........	+44	— de belladone.....	—27,5
— de dindon......	+45	— de cachalot.	+8
— de canard......	+52	— de cameline.	—18
— de porc........	+52	— de chènevis.	—15
Beurre d'hiver (Vosges).	+57,5	— de colza..........	— 6
— d'été (Vosges)...	+57,5	— de dauphin.......	—20
Moelle de bœuf.........	+56	— de faîne..........	—17
— de mouton......	+51,25	— de navette.	— 5
Suif de bœuf...........	+57,5	— de noisette.......	— 10
— de mouton.........	+61,25	— de noix.	—27,5
		— d'Œillette........	— 18
		— de prunier domest.	— 9
		— Raisin...........	—16

Une fois liquides, les huiles et graisses résistent à la chaleur assez longtemps avant de donner des produits volatils qui ne sont pas des vapeurs proprement dites, c'est-à-dire de nature à reproduire les huiles par condensation, mais bien des gaz et vapeurs résultant d'une décomposition plus ou moins profonde.

L'huile de ricin bout de cette manière à +265°
L'huile d'olives, l'huile de noix....... à +320° (Dumas.)

Tous les corps gras glycériques donnent une substance âcre d'une odeur très-forte, excitant le larmoiement et nommée par Brandes *acroléine* (Berzélius). Tous ceux qui renferment de l'acide oléique donnent de l'acide sébacique.

Lorsqu'on soumet brusquement les huiles à la chaleur rouge, en les faisant tomber en petit filet dans une cornue portée à ce degré de chaleur, elles donnent une très-grande quantité de gaz dont le pouvoir éclairant est trois fois et demi ou même quatre fois plus grand que celui du gaz de houille. 1 kilogramme d'huile a donné jusqu'à 830 litres de gaz. Il ne contient ni acide sulfhydrique, ni sulfure de carbone, ni composés cyaniques.

La lumière agit non sur les huiles, mais sur leur matière colorante qui disparaît plus ou moins promptement. Le contact de l'air est nécessaire.

L'oxygène exerce une action très-marquée sur les huiles. D'après de Saussure, les huiles fixes récentes ne présentent pendant longtemps que des effets à peine sensibles. Puis tout à coup ces effets se prononcent et l'absorption de l'oxygène est considérable. Une éprouvette d'oxygène pur contenant une couche d'huile de noix de 6 millimètres d'épaisseur est restée à l'ombre pendant huit mois sans que l'absorption d'oxygène dépassât trois fois le volume de l'huile; tout à coup, en dix jours (au mois d'août), elle augmenta de 60 volumes, puis elle se ralentit de manière qu'au bout de trois mois elle fut en tout de 145 volumes, dont 21 avaient produit de l'acide carbonique et 124 étaient entrés en combinaison avec l'huile sans former d'eau. L'huile ainsi oxydée se change en une gelée transparente qui ne tache pas le papier.

Cette oxydation est accompagnée de chaleur, et lorsque les huiles sont divisées sur des brins de laine, de coton, etc., la chaleur peut s'élever au point de carboniser la masse et même de l'enflammer. Le feu prend quelquefois dans les théâtres, dans les filatures, au milieu des torchons des lampistes, dans les débourrures de laine, etc. On peut facilement et on doit prendre de grandes précautions contre ces accidents. Il faut conserver les débourrures de laine, par exemple, dans des bassins de tôle où on les submerge par l'eau, ou, ce qui est mieux, les mettre en balles serrées à la presse.

On fait une distinction entre les huiles suivant la nature du produit qu'elles forment par leur oxydation complète à l'air. Les unes, comme l'huile de lin, de noix, de chènevis, etc., produisent cette gelée transparente observée par de Saussure, gelée qui, dans les applications de la peinture, n'est autre chose que le *vernis* formé par l'huile en séchant à l'air. Les autres, comme l'huile d'olives, d'amandes, de colza, etc., tout en absorbant de l'oxygène, ne donnent jamais un résidu privé des caractères des

matières grasses, c'est-à-dire incapable de tacher le papier. On appelle *siccatives* toutes les huiles qui se comportent comme l'huile de lin, et non siccatives celles qui se comportent comme l'huile d'olives.

On augmente la *siccativité* en traitant les huiles par les oxydes de plomb, de manganèse, de zinc et quelques autres. On porte l'huile au bouillon, c'est-à-dire à la température où sa décomposition commence ; on laisse un peu refroidir ; on ajoute l'oxyde de plomb et on fait chauffer de nouveau. D'après M. Chevreul, on chauffe l'huile seule de trois à six heures, et avec l'oxyde de plomb cinq à six heures[1]. D'après M. Dumas, il se dissout 3 à 4 pour 100 d'oxyde. Le plomb est réduit.

M. Leclaire, peintre en bâtiments, qui a tant contribué à l'adoption du blanc de zinc, prépare l'huile *manganésée* en la faisant chauffer seule pendant cinq heures et huit heures au moins avec 10 pour 100 d'oxyde de manganèse.

La siccativité des huiles employées en peinture varie, d'après M. Chevreul :

1° Suivant le temps qu'elles sont restées exposées à l'air et à la lumière avant leur emploi. Mélangez 10 parties d'huile de lin, exposée à l'air, avec 90 d'huile pure, et la peinture faite avec ce mélange séchera en sept jours, tandis que l'huile pure en exigerait neuf ;

2° Suivant la nature des surfaces sur lesquelles on les applique. Une peinture faite à l'huile de lin pure, sur du plomb décapé, sèche en treize heures ; il faut près de quarante-huit heures pour le zinc, le laiton, le cuivre et surtout le fer, seize jours sur le sapin, vingt-un jours sur le peuplier, trente-trois jours sur le chêne ;

3° Suivant le mélange d'huiles préparées avec divers siccatifs.

Ainsi la siccativité de l'huile de lin pure étant		1
et celle de l'huile manganésée		8.43
celle d'un mélange { 1lit56 huile pure / 0, 44 huile manganésée }	qui devrait être	2.635
est en réalité		12.112
c'est-à-dire 4.59 fois plus grande.		

4° Suivant la nature du corps solide délayé dans l'huile. Ainsi l'huile de lin, qui sèche en cinq heures sur du plomb décapé,

[1] Recherches sur la peinture à l'huile. *Annales de chimie et de physique*, XLVIII, p. 209.

n'exige pas moins de vingt-une heures lorsqu'elle est mêlée de céruse. Cette dernière, qui est un *siccatif* puissant dans d'autres circonstances, devient un *antisiccatif* sur le plomb décapé.

Le chlore agit puissamment sur les huiles. Il forme de l'acide chlorhydrique qui se dégage et remplace l'hydrogène de manière à former des huiles chlorées.

En le faisant passer seulement pendant quelques minutes dans une huile végétale, il la décolore, tandis qu'il donne aux huiles animales une couleur foncée qui peut aller jusqu'au noir (Fauré). L'huile de pieds de bœuf et l'oléine de suif font seules exception.

J'ai reconnu que si, après avoir épuisé l'action du chlore à la température ordinaire, on chauffe l'huile chlorée pour y faire passer de nouveau du chlore, et si l'on place les matières au soleil, on peut aller beaucoup plus loin et obtenir des produits qui sont solides à la température ordinaire et fusibles à une température plus ou moins élevée. Ces produits me paraissent de nature à être employés avantageusement dans l'industrie, par exemple pour remplacer le bois, la corne, l'ivoire, etc., dans beaucoup de circonstances. On a proposé dans ce but les matières qu'on obtient en traitant les huiles par le chlorure de soufre. Ceux dont je parle me paraissent bien préférables, à cause de l'absence du soufre. Ils ne sont plus inflammables.

MM. Nicklès, Rochleder, Perra ont étudié l'action du chlorure de soufre sur les huiles. On les convertit ainsi même à froid en un composé transparent, solide, dur, inaltérable par l'air et même par les acides ou les alcalis d'une certaine force. D'après M. Perra, 5 pour 100 de chlorure épaississent l'huile de lin sans la durcir, 15 pour 100 la rendent solide, 25 pour 100 lui donnent le maximum de dureté.

Les acides agissent énergiquement dans certaines circontances sur les huiles.

L'action de l'acide sulfurique concentré sur les huiles est toujours accompagnée d'un grand dégagement de chaleur, beaucoup plus grand pour les huiles siccatives que pour les huiles grasses.

On obtient ainsi de l'acide sulfoglycérique et des acides sulfo-gras. Cette réaction est utilisée dans la fabrication des bougies (voy. *Éclairage par les corps gras*, ÉCL).

D'un autre côté, les matières colorantes des huiles sont modifiées par le même acide; les unes deviennent très-brunes, les autres vertes, etc.

L'acide azotique concentré oxyde les huiles, et, d'après

MM. Laurent, Bromeis, Tilley, etc., il les convertit en acides formique, acétique, butyrique, sébacique.

L'acide hypoazotique solidifie beaucoup d'huiles et produit un corps nouveau, l'*élaïdine*, d'après M. Boudet. En général, les huiles siccatives restent liquides. L'huile de ricin fait exception et donne de la *palmine*.

Les alcalis sont les corps dont l'action sur les huiles présente le plus d'intérêt. En général, tous les oxydes basiques, même non alcalins comme l'oxyde de plomb, produisent le dédoublement des huiles ou des graisses en acides gras et glycérine, phénomène qui caractérise essentiellement la saponification (voy. *Savons,* SAV).

V.—FALSIFICATION DES HUILES.

Tous les produits importants de l'industrie sont falsifiés par le commerce. Les huiles présentent, sous ce rapport, de si grandes facilités, que leur altération est la règle, leur pureté l'exception. Les chimistes ont fait de grands efforts pour trouver des moyens sûrs de découvrir la fraude, mais on est encore éloigné du but. Voici, en peu de mots, ce qui a été fait :

1° La chaleur exaltant l'*odeur* des huiles, on a proposé de chercher ainsi la nature des mélanges. L'expérience montre bien vite l'impossibilité de compter un seul instant sur ce moyen.

2° M. Lefebvre a cru pouvoir distinguer les différentes espèces d'huiles pures ou mélangées par leur *densité*. Il a fait construire, dans ce but, un densimètre qu'il a appelé *oléomètre à froid*, comprenant les densités 0,901 à 0,940, limites entre lesquelles se trouvent comprises les huiles à la température de +15°. Cette méthode ne peut servir, même pour les huiles pures et surtout pour les mélanges : elle ne peut qu'aggraver les difficultés des contestations commerciales.

3° On a voulu trouver un moyen de recherche dans le *point de solidification*. Ce moyen est plus mauvais encore que les deux précédents.

4° La *température d'ébullition* donnerait de meilleurs résultats : mais c'est une expérience délicate, et la peine qu'elle donne ne serait jamais compensée par la certitude des recherches, à beaucoup près.

5° La *conductibilité électrique* des huiles a été essayée. L'huile d'olives conduit 675 fois moins vite que les autres ; deux gouttes

d'œillette la rendent 4 fois plus conductrice ; la stéarine de mouton isole presque complétement. Cette méthode exige un appareil compliqué, et le *Diagomètre* de Rousseau, construit dans ce but, n'offre pas une précision suffisante.

6° L'*action du chlore* donne un bon moyen de reconnaître une huile animale, même après son mélange avec une huile végétale. On fait passer le gaz dans l'huile, et, au bout de huit à dix minutes, il se développe une couleur noire, par exemple dans de l'huile d'olives qui ne renferme que 1/100e d'huile de baleine. Il ne faut pas oublier que l'huile de pieds de bœuf, l'oléine de suif, font exception.

7° M. Cailletet a essayé l'action du brôme; mais son procédé présente des complications multipliées. En outre, le brôme doit être employé en dissolution dans l'alcool, et il constitue alors un réactif de composition et de propriété extrêmement variables.

8° L'action des alcalis, la saponification, a été essayée seulement pour distinguer les huiles des plantes crucifères. D'après M. Mailho, si l'on fait bouillir 20 grammes d'huile de colza avec 2 grammes de potasse caustique concentrée, bien exempte de sulfure, on trouve après la saponification une lessive sulfurée donnant un précipité noir avec les sels de plomb. J'avoue que, malgré sa vraisemblance, cette méthode ne m'a pas réussi.

On tirerait sans doute quelques indications utiles des résultats d'une simple saponification, c'est-à-dire de la mesure des richesses alcalimétriques d'une solution alcaline, avant et après la saponification. Qu'on prenne 100 grammes d'huile, qu'on les saponifie par une solution de 100 grammes de soude caustique d'un titre bien connu, qu'on ajoute après la saponification 100 centimètres cubes d'une solution saturée de sel marin, le savon se sépare nettement et donne une lessive claire. Le titre de cette lessive, facile à obtenir, donnerait sans doute de bons résultats; le temps m'a manqué pour essayer cette méthode.

M. Calvert a essayé d'employer la soude caustique pour analyser les huiles, au moyen des couleurs développées et de la consistance prise par les huiles ; mais ce procédé ne présente aucune exactitude.

L'ammoniaque a été essayée par M. Fauré. 1 partie d'ammoniaque et 10 d'huile sont mêlées dans un tube, agitées fortement et abandonnées; on juge la nature du mélange, d'après la consistance, au bout d'un certain temps. MM. Soubeiran et Blondeau

ont reconnu que ce moyen donne des résultats « assez peu tranchés pour que l'on eût raison de ne pas s'en rapporter à eux. »

9° Les acides exercent sur les huiles des actions diverses : on a tenté bien des efforts pour en obtenir des indications exactes.

Le premier dont nous devons nous occuper est l'acide hypoazotique. En préparant d'une manière bien déterminée l'azotate de mercure, Poutet reconnut que cette préparation qui contient de l'acide hypoazotique, mêlée par 8 grammes avec 96 grammes d'huile, secouée fortement de dix en dix minutes pendant deux heures et demie et abandonnée au repos, solidifie l'huile au bout d'un temps variable suivant l'espèce. L'huile d'olives se solidifie en trois heures l'hiver, en sept heures l'été ; 5 centièmes d'huile de graines ne permettent plus à sa surface de rester lisse et blanche : elle devient semblable à celle des choux-fleurs. 10 centièmes lui donnent une consistance de miel. Une plus grande proportion laisse une partie fluide surnageante. Il est bon d'opérer dans une cave, c'est-à-dire à température constante, et de laisser passer vingt-quatre heures avant de se prononcer. Telles sont les indications admises. Mais il faut dire que ce réactif ne donne jamais deux résultats identiques dans les mêmes circonstances, et qu'une décision rendue sur cette base ne saurait être juste.

10° Il faut malheureusement dire la même chose de la solution proposée par M. Boudet. C'est un mélange de 3 parties d'acide azotique à 35°, 1 partie d'acide hypoazotique.

On verse dans un flacon 100 grammes d'huile, on y mêle 4 grammes de cette liqueur. On agite fortement pendant une ou deux minutes et on note l'heure avec soin. On porte le flacon dans une cave, et on observe l'instant de la solidification.

L'huile d'olives pure se solidifie en général en........			40 ou 45 minutes.	
—	avec $\frac{1}{100}$ huile de pavot présente un retard de		40	—
—	avec $\frac{5}{100}$	—	— 90	—
—	avec $\frac{10}{100}$	—	—	beaucoup plus.

M. Boudet lui-même s'est exprimé avec réserve ; MM. Soubeiran et Blondeau ont reconnu que les mélanges se comportent comme l'huile pure.

De mon côté, j'ai reconnu des faits absolument identiques. En outre, le réactif est impossible à conserver. Quand l'acide hypoazotique est bien fait, le mélange bout vers 20° ; au bout de quelques jours, il n'est plus du tout le même. On ne saurait accorder confiance à de semblables résultats.

11° On a essayé l'acide azotique. M. Calvert a cru pouvoir tirer des indications précises des colorations produites par un acide de la densité 1,18 ou 1,22. Mais cette méthode n'offre aucune certitude.

12° On a essayé l'acide azotique mêlé d'acide sulfurique. Les résultats sont tout aussi incertains.

13° L'acide sulfurique a donné des résultats qui méritent plus d'attention.

Plusieurs chimistes ont essayé de faire usage des colorations qu'il produit.

M. Heidenreich a, le premier, en 1841, proposé de verser 8 à 10 gouttes d'huile sur une lame de verre incolore au-dessus d'un papier blanc, et de faire tomber au milieu de l'huile une goutte d'acide sulfurique concentré.

Voici les résultats :

Huile d'olives,	couleur	jaune devenant peu à peu verdâtre.
— d'arachide,	—	jaune-gris sale
— de cameline,	—	jaune devenant orangée.
— d'œillette,	—	jaune-gris sur les bords
— de croton,	—	jaune avec des stries brunes.
— de sésame,	—	rouge vif.
— de lin,	—	rouge-brun qui passe bientôt au brun-noir.
— de baleine,	—	rouge-brun foncé.
— de colza,	—	bleu-verdâtre.
— de chènevis,	—	émeraude bien prononcée.
— de faîne,	—	gris, puis verdâtre avec stries jaunes.
— de navette,	—	gris sale.

Ces renseignements sont malheureusement très-variables. Les plus faibles traces d'acide azotique changent les couleurs, et il en est de même de la moindre addition d'un corps étranger dans l'huile.

M. Lefèvre, M. Marchand, M. Calvert, M. Behrens, ont essayé de varier un peu les conditions tracées par M. Heidenreich. Leurs travaux n'ont fait que bien établir l'immense difficulté d'une appréciation exacte.

14° M. Penot a recommandé l'acide sulfurique saturé de bichromate de potasse, ce qui est en réalité de l'acide chromique. Les caractères ne sont pas moins fugitifs, bien s'en faut.

15° La seule manière d'obtenir avec l'acide sulfurique des résultats précis est celle que j'ai proposée en 1852. Cette méthode est vraiment la seule, on me permettra de le dire, dont on puisse tirer des indications valables ; je la décrirai brièvement.

Lorsqu'on mêle 50 grammes d'huile d'olives avec 18 grammes 5 centigrammes (10 centimètres cubes) d'acide concentré au moyen d'un thermomètre employé comme agitateur, on observe, en *deux minutes*, une élévation de température de 42° avec le même acide, et, à la même température extérieure, cette élévation est parfaitement constante.

50gr d'huile de pin soumis à la même épreuve donnent					43°
—	de suif	—	—	—	41 à 43,5
—	de ricin	—	—	—	47
—	de cheval	—	—	—	51,5
—	d'amandes amères		—	—	52
—	d'amandes douces		—	—	53,5
—	de navette	—	—	—	57
—	de colza	—	—	—	58
—	de faîne	—	—	—	65
—	d'arachide	—	—	—	67
—	de sésame	—	—	—	68
—	de chènevis	—	—	—	98
—	de noix	—	—	—	101
—	de foie de raie		—	—	102
—	de foie de morue		—	—	103
—	de lin	—	—	—	133

Voilà donc un phénomène bien défini, très-facile à observer, ne demandant que quelques minutes et offrant, suivant l'espèce des huiles, des différences bien autrement tranchées que toutes celles dont il a été question précédemment.

Ce phénomène reste constant après le mélange des huiles. Par exemple, 2 volumes d'huile d'olives et 1 volume d'œillette doivent donner dans cette supposition :

2 vol. d'olives $= 2 \times 42°$	84°
1 vol. d'œillette $= 1 \times 86°4$	86°4
3 vol. mélange	170°4
1 vol.	56°8

et ce nombre est celui qu'on trouve par l'expérience, comme l'ont démontré des essais très-nombreux pour ce mélange et pour beaucoup d'autres.

La marche à suivre est des plus simples et éminemment industrielle. On pèse 50 grammes d'huile dans un verre à expériences de 120 à 150 centimètres cubes (voir fig. 368). On met le thermomètre T dans l'huile ; on agite une minute et on note la température. Alors on apporte à 1 ou 2 centimètres au-dessus de l'huile une pipette contenant 10 cent. cubes d'acide sulfurique concentré pris dans le flacon S, sans enfoncer la pipette plus qu'à moitié de

son bec et sans toucher les parois du goulot du flacon qui doit être immédiatement refermé[1]. On laisse couler l'acide en filet au fond de l'huile jusqu'à la dernière goutte. Alors on prend le verre de la main gauche, en *m*, et on agite immédiatement, de la



Fig. 368.—Essai des huiles, d'après M. Maumené.

main droite, le thermomètre dans l'huile. Aussitôt que le mélange est complet, et l'huile devenue brune, on jette les yeux sur le thermomètre (à dos d'émail) et, tout en remuant très-doucement, on observe la température. Il ne faut guère qu'une minute. Le mercure se tient *une bonne demi-minute au moins* à sa hauteur maximum et redescend lentement. On note cette hauteur maximum qui donne l'élévation de température, et l'expérience est terminée.

Telle est la méthode. Elle est si sûre qu'un chimiste anglais, M. Fehling, n'en connaissant autre chose qu'un résumé très-bref publié par l'Académie des sciences, fit connaître, en 1854, des expériences dont le résultat général est absolument identique avec ceux qu'on vient de lire. Je ne puis la discuter ici. Je me bornerai à dire que, quels que soient 1° l'acide employé; 2° les poids d'huile et d'acide; 3° les dimensions des vases; 4° celles du thermomètre; 5° la température initiale, etc.; quelles que soient, en un mot, les conditions expérimentales, il est toujours facile d'ob-

[1] Il y a en *a* un petit tampon d'amiante destiné à éviter tout accident lorsqu'on aspire l'acide sulfurique.

tenir un résultat précis, constant, certain, en mesurant l'élévation de la température.

La personne qui veut analyser une huile n'a que deux choses à faire :

1° Mesurer le dégagement de chaleur obtenu dans cette huile par l'action de l'acide sulfurique concentré (qui se trouve partout);

2° Comparer au même moment, *avec les mêmes instruments*, l'élévation de température fournie par une huile type et le même acide.

On a fait, de cette dernière condition, une objection à ma méthode ; comme si cette condition ne devait pas être remplie, dans toutes les autres, sans aucune exception.

Les deux expériences prennent dix minutes, et une fois l'opérateur sûr de lui-même, il lui est facile, en opérant sur 100 grammes d'huile et 10 centim. cubes d'acide, ou 50 grammes huile et 20 centim. cubes d'acide, d'obtenir des indications capables de le conduire souvent à une approximation sur la nature et la quantité des mélanges.

Jusqu'à présent, je le répète, cette méthode est à mon avis absolument la seule qui donne des résultats acceptables [1].

[1] Voir ma brochure. Août 1852. A Reims, chez Dubois, imprimeur de l'académie

MAUMENÉ.

LAIT, BEURRES ET FROMAGES

I.—LAIT.

PROPRIÉTÉS PHYSIQUES DU LAIT.

Un aliment complet est celui qui renferme les substances suivantes : 1° une matière azotée du groupe des albumines; 2° un corps gras; 3° une ou plusieurs substances ternaires, sucre ou amidon; 4° enfin des sels parmi lesquels le phosphate de chaux et les chlorures de potassium et de sodium doivent être placés en première ligne. Parmi les produits naturels, le lait doit être considéré comme l'aliment le plus complet et le plus précieux; il renferme, en effet : 1° une matière albumineuse : la caséine; 2° une matière grasse : le beurre; 3° une matière ternaire : le sucre de lait; 4° enfin des sels parmi lesquels dominent le phosphate de chaux et les chlorures de potassium et de sodium. Le lait est non-seulement la nourriture exclusive des jeunes mammifères, mais il sert d'aliment habituel aux convalescents; il entre, par lui-même ou par ses dérivés (beurres, fromages), pour une grande part dans l'alimentation de l'homme.

Les éléments du lait sont invariables dans leur nature; les proportions seules varient selon une foule de circonstances dont nous ferons connaître les principales, et parmi celles-ci nous signalerons les espèces et les races animales; mais comme ce sont les laits de vache, de brebis et de chèvre qui sont les plus employés, c'est sur eux surtout que nous insisterons.

La consommation du lait s'est accrue dans une proportion considérable, depuis quelques années, dans les grandes villes surtout; à Paris, en 1843, la quantité de lait apportée chaque jour était évaluée, d'après M. Husson (*les Consommations de Paris*), à 173,000 litres, quantité déjà très-grande à laquelle il faut ajouter 23,000 litres fournis par les vaches nourries dans Paris, ce qui fait, pour chaque habitant, une consommation moyenne de 71 litres 96 centilitres par an, ou de 20 centilitres par jour; aujourd'hui, depuis l'installation des lignes ferrées, la quantité de lait apportée chaque jour à Paris, par les chemins de fer et par les fermiers

des environs, dépasse 250,000 litres par jour, et la consommation journalière est évaluée à 28 centilitres par tête d'habitant.

Le lait est un liquide opaque, blanc, tirant sur le jaune, à peu près inodore lorsqu'il est froid, devenant odorant lorsqu'on le chauffe, surtout lorsqu'il s'agit des laits de chèvre et de brebis; sa saveur est douce, très-légèrement sucrée; sa densité, toujours supérieure à celle de l'eau, varie selon les animaux qui le fournissent, ainsi que selon une foule d'autres causes. Brisson, dans son *Traité de la pesanteur spécifique des corps*, donne pour différents laits les densités suivantes : lait de brebis, 1040,9; d'ânesse, 1035,5; de jument, 1034,6; de chèvre, 1034,1; de vache, 1032,4; de femme, 1020,3. Le lait, au moment de la traite, présente constamment une réaction légèrement alcaline, mais bientôt il devient neutre et même légèrement acide; à ce moment, il est bien près d'être altéré et il se coagule lorsqu'on le chauffe.

Abandonné à lui-même, le lait se sépare en deux couches distinctes : la supérieure, désignée sous le nom de *crème*, est d'un blanc mat et est formée par les globules de beurre et de caséum en suspension; l'inférieure, plus jaune, constitue le *lait écrémé* qui renferme des globules butyreux, du caséum en suspension, du caséum dissous, des traces d'albumine, du sucre de lait, une matière extractive analogue à l'*osmazome*, des sels et une matière colorante.

Le lait peut subir trois sortes de fermentation : le plus souvent la caséine ou caséum, réagissant sur le sucre de lait, transforme celui-ci en *acide lactique;* c'est alors, comme on le dit, que le *lait tourne;* cette transformation s'opère rapidement, l'été, pendant les fortes chaleurs; on la retarde soit en portant le lait à l'ébullition, soit en y ajoutant une petite quantité de bicarbonate de soude, 10 à 20 centigrammes par litre; mais disons de suite que les laitiers abusent souvent de ce moyen; d'autres fois, lorsque le lait est riche en sucre, comme celui de jument, il peut, sous une température de 35 à 40°, éprouver la fermentation alcoolique, cela arrive surtout si on y ajoute un ferment énergique, tel que la levure de bière; c'est ainsi que les Tartares préparent une boisson alcoolique. Enfin, lorsque le lait est abandonné longtemps au contact de l'air, son caséum se putréfie et répand une odeur ammoniacale infecte.

Nous résumons dans le tableau suivant la composition des différentes espèces de lait :

	Vache. (moyenne de 5 analyses).	Yack.	Métis. 3/4 yack.	Bufflesse.	Chèvre.	Brebis.	Anesse. (5 analyses).	Cavale.	Femme. (14 analyses).
Caséum ou sels insolubles	3.6	5.6	6.615	4.5	9.0	15.3	1.7	1.62	3.8
Beurre	4.0	3.1	3.706	8.4	4.5	5.8	1.4	peu	2.5
Sucre de lait et sels solubles	5.0	4.9	5.166	5.1	4.5	4.2	6.4	8.75	4.8
Eau	82.4	86.4	84.513	82.0	82.0	74.7	90.5	89.63	88.9
Matière sèche pour 100 de lait	12.6	13.6	15.487	18.0	17.0	25.3	9.5	10.37	11.1

Par rapport à leur richesse en matériaux solides, les neuf espèces de lait comprises dans ce tableau doivent être rangées dans l'ordre suivant : brebis, bufflesse, chèvre, métis yack, vache, femme, cavale, ânesse, tandis que, par rapport à la proportion de beurre que ces laits fournissent, c'est celui de bufflesse qu'il faut placer au premier rang, ce qui démontre une fois de plus que, s'il y a des vaches bonnes laitières, il y en a qui sont plus spécialement bonnes *beurrières ;* sous ce rapport, l'influence des races est celle qui se fait le plus sentir.

Lorsqu'on examine le lait au microscope, on aperçoit des globules, décrits pour la première fois par Leewenhoek, et dont le diamètre est rarement variable; ces globules butyreux sont entourés d'une membrane caséeuse comme le démontre M. Dumas, et M. de Romanet a fait voir que la baratte déchirait cette enveloppe; d'ailleurs on a beaucoup discuté sur la nature de ces globules et on est loin encore aujourd'hui d'être d'accord sur leur constitution.

ÉTAT DES DIFFÉRENTS ÉLÉMENTS CONSTITUANTS DU LAIT.

Nous venons de voir que le beurre et une portion du caséum étaient en suspension dans le lait; une autre portion du caséum, le sucre, les sels, les matières colorantes et extractives se trouvent en dissolution.

Albumine.—MM. Quevenne, Doyère, Poggiale, Girardin, etc., ont admis dans le lait, à l'état normal, l'existence d'une certaine quantité d'albumine; dans quelques circonstances, et notamment après la parturition, le lait renferme de l'albumine en grande quantité, mais bientôt après le part, cette albumine disparaît, et d'après M. Filhol on ne la retrouve plus dans le lait frais, quelques

instants après la traite; quelques heures après, on trouve dans le lait une matière azotée se comportant à la chaleur comme le fait l'albumine. Cette matière est-elle de l'albumine, ou serait-ce simplement une modification de la caséine? C'est une question qu'il est impossible de résoudre dans l'état actuel de la science; disons cependant que depuis longtemps déjà Schabler avait signalé dans le lait l'existence d'une matière azotée, intermédiaire entre l'albumine et la caséine.

Caséine.—La caséine est la matière azotée du lait; c'est, avec l'albumine et la fibrine, l'aliment plastique par excellence; c'est elle qui, avec le beurre, constitue le *fromage;* on admet, sans que cela soit démontré par l'expérience, que la caséine en suspension dans le lait et celle qui s'y trouve en dissolution ont la même composition élémentaire; d'ailleurs les analyses de MM. Dumas et Cahours ont établi que la caséine fournie par différents laits présentait la même composition élémentaire.

La caséine, que l'on nomme aussi *caséum*, n'est pas coagulée par la chaleur; mais lorsqu'on chauffe le lait, il se forme une pellicule qui se renouvelle sans cesse, c'est ce que l'on nomme *frangipane;* elle est constituée par la caséine, et elle ne se forme pas lorsqu'on chauffe le lait à l'abri du contact de l'air ou dans un gaz privé d'oxygène libre, tel que l'hydrogène, l'azote ou l'acide carbonique; il est donc probable que cette pellicule est le résultat de l'altération à l'air de la caséine.

Les acides précipitent la caséine; le précipité est soluble dans l'acide acétique concentré; mais la propriété la plus remarquable de cette matière est celle qu'elle possède de se prendre en masse homogène et compacte sous l'influence de la *présure;* certaines plantes, telles que les fleurs du cardon, connues sous le nom de *chardonnette* (*cynara cardonaleus*), la grassette (*pinguicula vulgaris*), etc., jouissent de la même propriété.

Beurre.—La matière grasse du lait porte le nom de *beurre;* la moyenne est, pour les vaches nourries à Paris, de 41,7 pour 1,000; d'ailleurs ce chiffre varie selon les vaches, l'âge des animaux, la nature des aliments, la qualité des herbages, etc. Nous reviendrons plus loin sur le beurre; disons, pour le moment, que M. Chevreul a trouvé dans le beurre, outre l'*oléine* et la *stéarine*, la *butyrine*, la *caprine*, la *caproïne* et la *capriline*, ces dernières dans le lait de brebis et de chèvre; par leur dédoublement, ces matières produisent des acides gras volatils, qui concourent à donner l'odeur forte au beurre ancien.

Sucre de lait, lactine, lactose.—Par l'évaporation du petit-lait préalablement décoloré par le charbon, on obtient le sucre de lait; l'opération s'exécute sur une grande échelle en Suisse, avec le résidu de la préparation du fromage.

Le sucre de lait est peu soluble dans l'eau froide; il se dissout dans l'eau bouillante, il cristallise en parallélipipèdes, terminés par une pyramide quadrangulaire; les cristaux transparents craquent sous la dent, ils ont une saveur fraîche faiblement sucrée; ce corps est insoluble dans l'alcool et dans l'éther, il réduit le tartrate de *potasse et de cuivre;* les oxydes facilement réductibles le transforment en acide formique; il précipite en rouge brique la solution d'acide arsénique; traité par l'acide azotique, il est transformé en acide oxalique et en acide mucique, tandis que les sucres des autres classes ne donnent que de l'acide oxalique.

Le sucre de lait ne fermente pas directement, il faut qu'il soit préalablement transformé en glucose; le caséum, au contact de l'air, le transforme en acide lactique; il dévie à droite le plan de la lumière polarisée; les acides minéraux le transforment en un sucre analogue au sucre de raisin.

Sels du lait.—Les sels du lait varient en proportion, mais rarement en nature; les changements les plus considérables sont constatés pendant la gestation; à ce moment, la proportion du phospate de chaux diminue notablement; on remarque la même diminution dans les grandes villes, chez les vaches nourries à l'étable qui sont le plus souvent phthisiques; les sels du lait sont les phosphates de chaux, de magnésie, de fer, les chlorures de potassium et de sodium, les lactates alcalins et la soude libre, ou plutôt carbonatée ou phosphatée; à cette liste, il convient d'ajouter des traces de silice et de fluorure de calcium.

CAUSES QUI INFLUENT SUR LA QUALITÉ ET LA PRODUCTION DU LAIT.

1° *Alimentation.*—L'alimentation est la principale cause qui influe sur la quantité et la qualité du lait; d'une manière générale, les vaches nourries dans les pâturages donnent de meilleur lait que celles qui sont nourries à l'étable, à condition toutefois que ces pâturages ne soient pas trop éloignés des fermes, car alors le lait *se perd en route.* Les aliments sucrés, tels que *carottes, betteraves, tiges de maïs vert*, etc., etc., donnent un lait sucré qui se conserve mal; certaines plantes, comme l'absinthe, rendent le lait amer; d'autres, comme la *gratiole*, lui donnent des propriétés purgatives; les tourteaux de lin et de colza donnent au lait une

saveur désagréable ; la *drèche* lui donne la propriété de se coaguler rapidement.

L'alimentation des animaux qui produisent le lait varie selon les pays ; il faut réunir dans le régime les fourrages secs et verts ; on doit surtout faire boire les animaux autant que possible toujours à la même heure et à une époque peu rapprochée de la traite.

2° *Colostrum.*—On désigne sous ce nom le lait secrété quelques jours avant et après le part ; celui de vache est le plus souvent désigné sous le nom de *mouille ;* il doit être rejeté de l'alimentation pendant tout le temps qu'il est *coagulé par l'ébullition ;* en effet, le colostrum s'éloigne singulièrement du lait par sa composition ; il renferme toujours des proportions notables d'albumine, souvent aussi il contient du sang ; examiné au microscope, on y remarque des globules spéciaux, muqueux, muziformes, composés d'une agrégation de globules muqueux et de globules graisseux ; le colostrum se putréfie rapidement ; traité par l'ammoniaque, il devient filant.

3° *Age du lait.*—La vache n'est *désamouillée* que trois semaines après la parturition ; ce n'est guère qu'un mois après que le lait reprend toutes ses bonnes qualités ; avant cette époque, il est légèrement purgatif et sa saveur est fade ; à mesure que le lait avance en âge, on remarque, en général, une augmentation dans la quantité d'eau et une diminution dans les matériaux solides.

4° *Influence des maladies.*—Chez les vaches atteintes de *cocote,* on a trouvé des globules de pus dans le lait ; sous l'influence de la phthisie, de la pneumonie et de la pleuro-pneumonie, la quantité de caséine est diminuée et celle de l'eau augmentée ; dans des circonstances encore mal déterminées, on a remarqué que le lait devenait *bleu* ou *jaune ;* on a reconnu que ces colorations étaient dues à des animalcules que M. Fuchs a désignés sous les noms de *vibrio cyanogenus* et de *vibrio canthogenus ;* l'emploi du sel marin fait disparaître ces colorations.

5° *Lait pris à différentes époques de la traite.*—Le lait pris à la fin de la traite est plus riche que celui qui a été recueilli au commencement, cela se remarque surtout lorsque le lait a séjourné quatre ou cinq heures dans son réservoir naturel ; si les traites sont rapprochées, on remarque peu de différence ; la proportion de beurre contenue dans les dernières portions de la traite est d'autant plus grande que le séjour est plus prolongé ; le lait se

sépare comme il le ferait dans un vase inerte; pour la préparation du beurre, on doit préférer les dernières portions de la traite.

6° *Age des vaches.* — L'âge des vaches n'a pas d'influence marquée sur les qualités du lait, la quantité seule peut diminuer.

7° *Développement des mamelles.*—En général, les vaches à mamelles très-développées donnent de meilleur lait; toutefois on a cru remarquer que, dans ces circonstances, il contenait moins de beurre.

8° *État de plénitude ou de vacuité de l'utérus.*—Pendant la gestation, la densité du lait augmente chez la vache; elle peut, à cette époque, atteindre son maximum (1,039).

9° *Influence de la quantité de lait.*—Les saisons, la nourriture, les races influent sur les quantités de lait; d'une manière générale, on peut dire que toutes les fois que la quantité de lait augmente, cette augmentation se fait aux dépens de la qualité.

10° *Influence des races.*—Les races indigènes qui fournissent les meilleures laitières sont : 1° la race flamande dont les variétés sont les *maroilles* et les *marécoises;* 2° la race boulonnaise ou bournaisienne; 3° la race picarde; 4° la race bordelaise; 5° la race bretonne; 6° la race fémeline; 7° la race normande qui renferme la *cotentine* et celle du *pays d'Auge,* très-remarquables par la bonne qualité du lait qu'elles fournissent.

Parmi les races étrangères, on cite les hollandaises, les races d'Alderney et d'Ayr (Écosse), celle de Kerry (Irlande), la race d'Angeles (Danemark), celles de Holstein et de Jutland, celles de Voigtland (Saxe), de Pinzgau (Autriche). Parmi les suissesses, les schwitzoises, les fribourgeoises, les bernoises, etc.

11° *Influence du travail.*—Quand on fait travailler une vache de quatre à cinq heures par jour, la perte sur la quantité de lait n'est que d'un quart; un travail plus long augmente la perte; après un repos de quelques jours, la sécrétion laiteuse reprend son cours ordinaire; par une alimentation convenable, on peut réparer en partie les pertes éprouvées par le travail.

12° *Influence de la stabulation.*—On considère, en général, la stabulation permanente comme une mauvaise condition à la production du lait, au point de vue de la quantité et de la qualité; il est d'ailleurs démontré que les vaches nourries à l'étable, du moins à Paris, finissent toutes par devenir phthisiques et qu'alors le lait éprouve des changements notables dans sa composition; mais il est très-probable, nous dirons même certain, que dans des étables bien construites et bien entretenues, c'est-à-dire

lorsque les animaux reçoivent les quantités d'air et de lumière suffisantes, l'état de santé se maintiendrait; c'est dans ces conditions surtout que les maladies épidémiques auraient moins de prise; aussi recommandons-nous d'une manière spéciale aux agriculteurs de suivre, dans la construction et l'entretien de leurs étables, les règles de l'hygiène qui doivent être la base de toute bonne exploitation.

13° *Transport des animaux par les chemins de fer.*—Toute fatigue, tout travail excessif influe sur la production du lait et peut même le tarir; l'expérience nous a prouvé que le transport par les chemins de fer fatigue singulièrement les animaux, et diminue beaucoup plus la sécrétion lactée que ne le ferait la stabulation au repos.

14° *Influence des pâturages.*—La plante qui fait la base des bons pâturages est l'ivraie vivace ou *ray-grass* (*lolium perenne*), mêlé du trèfle des montagnes (*trifolium montanum*), etc.; mais on y trouve aussi fort souvent des plantes qui donnent au lait des couleurs particulières, et des saveurs âcres, amères, etc.

L'addition d'une petite quantité de sel dans les aliments est utile aux vaches; elles peuvent ainsi manger même avec avidité des fourrages de médiocre qualité qu'elles refuseraient si on les leur donnait seul.

15° *De la traite.*—Elle doit être faite régulièrement matin et soir; la première donne de meilleur lait; on doit la pratiquer avec une très-grande propreté; la personne qui en est chargée doit se laver les mains, éponger le pis et les trayons avec de l'eau froide; il faut éviter la compression trop forte; on doit toucher doucement les trayons de haut en bas sans interruption, puis tirer alternativement les deux mamelons des deux côtés.

16° *Commerce du lait.*—Avant d'arriver au consommateur, le lait passe par des intermédiaires qui sont : les *ramasseurs*, qui courent dans les campagnes et remettent le lait à des marchands en gros; ceux-ci l'expédient par les chemins de fer à d'autres marchands en gros à Paris; ces derniers le font distribuer aux laitiers et aux crémiers, de sorte que le consommateur le reçoit de quatrième et souvent de cinquième main.

ANALYSE DU LAIT.

L'analyse complète du lait est le *seul* moyen de connaître exactement sa composition; les essais du lait que nous ferons connaître plus loin ne fournissent que des indications qui d'ailleurs

sont la plupart du temps suffisantes; voici comment on procède à l'analyse : 1° On détermine au moyen du tournesol l'état de neutralité, d'acidité ou d'alcalinité du lait; 2° on considère l'aspect du lait; 3° on détermine sa densité au moyen du lactodensimètre de Quevenne ou du galactomètre de M. Chevallier, en faisant les corrections de température; 4° on dose l'eau et les matières fixes en totalité, en évaporant 20 grammes de lait au bain-marie dans des capsules plates en porcelaine mince, en argent ou en cuivre étamé; 5° on dose le beurre au moyen de l'éther. Pour cela, on réduit le résidu précédent en poudre, on l'introduit dans un flacon à l'émeri, taré avec 50 grammes d'éther; on laisse en contact 24 heures, en agitant fréquemment; on décante un poids quelconque de la liqueur éthérée dans une capsule tarée; la liqueur abandonnée à l'évaporation spontanée d'abord, à la température de 110° ensuite, laisse une certaine quantité de beurre, qui servira à déterminer par le calcul le poids total de beurre contenu dans les 20 grammes de lait évaporé. Concurremment, on déterminera la proportion de beurre à l'aide du lactodensimètre de Marchand. La lactine ou sucre de lait est dosée avec une grande exactitude, au moyen de la liqueur cupro-potassique titrée, appliquée au petit-lait préparé à froid au moyen de 1 centimètre cube d'acide chlorhydrique pour 150 centimètres cubes de lait. On peut opérer aussi directement sur le lait lui-même, en ayant soin d'étendre le lait et la liqueur d'épreuve, chacun de leur volume d'eau.

Pour doser la caséine, on coagule une certaine quantité de lait par 1/150 d'acide chlorhydrique; on prend la densité de ce petit-lait, on en évaporera un poids obtenu, et on pèsera le résidu desséché à la température de 100°. Connaissant ainsi le rapport existant entre le poids de l'eau et celui des matières fixes dont le petit-lait se compose, et étant données, d'autre part, les proportions d'eau et de matières fixes contenues dans le même lait, on déterminera par le calcul le poids des matières fixes contenues dans le sérum de 100 parties de lait; connaissant ainsi le poids total des matières fixes de 100 de lait et le poids des matières fixes du petit-lait, en retranchant celles-ci des premières, on aura le poids du beurre et de la caséine réunis. Le poids de beurre étant donné d'ailleurs par une autre expérience, il suffira d'une simple soustraction pour avoir le chiffre de la caséine.

Les matières inorganiques seront déterminées par l'incinération des matières fixes du lait. On dosera les sels solubles et les

sels insolubles par le lavage des cendres; le phosphate de chaux, qui est un des sels les plus importants à connaître, sera dosé par le traitement des sels insolubles au moyen de l'acide chlorhydrique, et la précipitation par l'ammoniaque pure.

Si on voulait rechercher la proportion d'alumine, il faudrait prendre un poids connu de petit-lait, obtenu à froid au moyen de l'acide chlorhydrique, le filtrer et le saturer par l'ammoniaque, en y ajoutant seulement quelques gouttes d'acide azotique ; en portant à l'ébullition, on obtiendrait un précipité qui serait lavé, desséché à 100 degrés et pesé. Les proportions les plus convenables sont 1 d'acide azotique pour 10 de sérum.

Connaissant par les expériences précédentes la proportion des matières fixes contenues dans le sérum du lait analysé, on aura celui des matières extractives et des cendres ou matières inorganiques, en déduisant de leur poids celui de l'albumine ; enfin, en déduisant du poids commun des matières extractives et des cendres le poids de ces cendres, on aura celui des matières extractives.

En résumé, par le système d'analyse proposé, on déterminera : 1° l'état acide, alcalin ou neutre du lait ; 2° la densité du lait et celle du petit-lait ; 3° la proportion d'eau ; 4° la proportion des matières fixes en totalité ; 5° la proportion du beurre ; 6° la proportion de la lactine ; 7° les proportions des matières fixes du sérum ; 8° la proportion de la caséine ; 9° la proportion des cendres ou matières inorganiques ; 10° la proportion de la partie soluble des cendres, c'est-à-dire des chlorures de potassium et de sodium, des phosphates de soude et de magnésie : 11° la proportion de la partie insoluble des cendres et plus spécialement celle du phosphate de chaux ; 12° la proportion d'albumine.

ESSAIS RAPIDES DU LAIT.

Il importe au consommateur, au producteur et au commerçant de pouvoir apprécier la qualité du lait sans avoir recours à l'analyse; on peut y arriver à l'aide d'un petit nombre d'opérations d'une exécution facile, qui n'exigent que des connaissances très-restreintes en chimie.

Le lait doit être d'un blanc jaunâtre, homogène, sans grumeaux et ne laisser aucun dépôt par le repos. Il doit être légèrement alcalin; l'état de neutralité ou d'acidité légère constatée à l'aide du papier de tournesol sensible n'indiquerait pas une falsification, mais seulement un commencement d'altération voisine de la coa-

gulation, surtout lorsqu'on porte le liquide à l'ébullition, qui doit se faire sans coagulation ou séparation des parties solides.

Densité.—La moyenne de densité du lait de vache est de 1031; par soustraction de la crème elle peut s'élever à 1033 et au-dessus. La densité seule ne signifie donc rien; il faut, lorsqu'on le peut, constater la proportion de crème; plus la proportion de celle-ci est grande, moins la densité est élevée. Pour mesurer la densité du lait, on emploie différents appareils : le *Galactomètre centésimal* est un aréomètre de forme ordinaire dont l'échelle est divisée en deux parties : l'une, coloriée partiellement en jaune (deux degrés sont alternativement blancs et jaunes) sert à reconnaître la densité du lait non écrémé; l'autre, coloriée en bleu (deux degrés sont alternativement blancs et bleus) sert à constater la densité du premier degré; en haut de l'échelle est marqué 50; et la division est poursuivie jusqu'à 136 pour le lait non écrémé et jusqu'à 124 pour le lait écrémé. On fait les corrections de température et on se sert des tables construites par M. Dinocourt; pour cela on retranche ou on ajoute au degré trouvé autant de centièmes qu'il y a de degrés de température au-dessus ou au-dessous de +15°. Un lait de vache pur doit marquer de 100 à 105 au galactomètre de M. Chevallier.

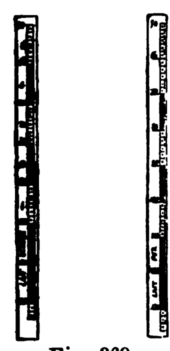


Fig. 369. Échelles du galactomètre.

Le lactodensimètre de M. Quevenne est aussi un aréomètre. L densité de l'eau étant 1000 à + 4°, celle du lait de vache pur est de 1031 et celle du lait écrémé 1033; sur la ligne on a supprimé les deux chiffres de gauche (unités et dizaines), de sorte que 25° du lactodensimètre équivalent à 1025; dans la première division de cet instrument, 14 correspond à 104 et la dernière 42 à 1042.

A droite et à gauche de l'échelle sont placées des accolades : celles de droite (jaunes) sont destinées à indiquer la densité du lait non écrémé, et celles de gauche (bleues) du lait écrémé. Pour les correctionsde température, on consulte des tables dressées par M. Quevenne.

Crémomètre.— C'est une éprouvette marquée d'un trait à une certaine hauteur et divisée jusqu'à ce trait en 100 parties égales, on remplit de lait jusqu'au trait supérieur et on abandonne dans un lieu frais (10° à 12°) : après 15 à 20 heures, la crème est montée à la surface où elle forme une couche distincte, et on constate le

nombre de divisions quelle occupe; ce nombre varie de 10 à 16; au-dessous de 8, on peut être certain que le lait a été écrémé ou additionné d'eau.

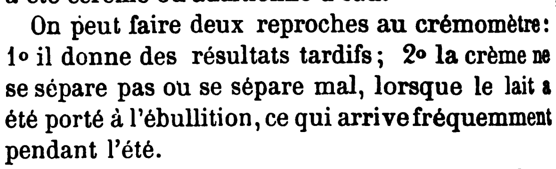


Fig. 370. Crémomètre. Thermomètre. Galactomètre.

On peut faire deux reproches au crémomètre: 1° il donne des résultats tardifs; 2° la crème ne se sépare pas ou se sépare mal, lorsque le lait a été porté à l'ébullition, ce qui arrive fréquemment pendant l'été.

Dans la figure du crémomètre que nous donnons, on a pratiqué une rainure pour loger le thermomètre, et dans l'éprouvette constituant le crémomètre on plonge le galactomètre pour connaître la densité.

Lactoscope.—Cet instrument, proposé par M. Donné, est basé sur une propriété inhérente à la constitution du lait. En effet, ce liquide doit sa couleur blanche et mate aux globules de matière grasse ou butyreuse qu'il contient; plus ces globules sont nombreux, plus le lait est opaque; mais pour juger cette opacité du lait il faut examiner des couches très-minces du liquide.

Le *lactoscope* se compose de deux glaces parallèles qui peuvent se rapprocher jusqu'au contact et s'éloigner à volonté; le lait L est introduit entre les deux lames V, et la flamme d'une bougie sert de point de mire pour juger de l'opacité. Le degré d'écartement des deux verres, ou mieux l'épaisseur de la couche de lait est mesurée par un cercle divisé, auquel répond un tableau marquant la proportion de crème pour chaque division.

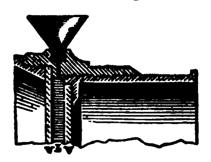


Fig. 371.—Lactoscope.

Le lactoscope donne un résultat prompt, et ce résultat n'est pas influencé, dit-on, par l'ébullition : nous ne pouvons admettre ce dernier point, l'expérience nous ayant démontré le contraire; ajoutons encore que l'observation lactoscopique doit être faite quelques instants après la traite.

Un bon lait doit marquer de 30 à 35 au lactoscope, correspondant à 35 et 30 de beurre par litre. Lorsqu'un lait marque 25°, il est difficile d'établir d'une manière précise les relations qui peuvent exister entre les degrés lactoscopiques et le poids du beurre; mais un produit d'une pareille richesse ne se rencontre que dans le lait pris dans les dernières portions de la traite.

Il faut toujours opérer sur le lait de la traite entière.

Pour faire l'observation, on se place dans un lieu obscur, en face d'une bougie allumée; il faut éviter les lumières faibles, comme celle d'une chandelle de suif, et les lumières vives, comme celle d'une lampe. On introduit à l'aide d'un entonnoir adapté à l'ap-

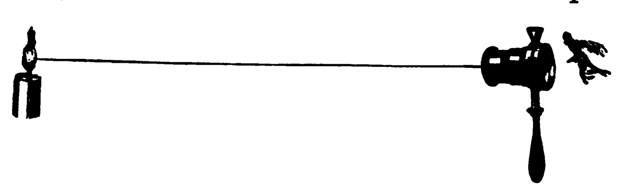


Fig. 372.—Disposition du lactoscope pendant l'examen.

pareil un peu de lait entre les deux lames (2 grammes environ). Pour produire le même degré d'opacité, il faudra une couche très-mince si le lait est riche en matière grasse ou crémeuse; il en faudra davantage s'il est pauvre. Une échelle graduée sur l'instrument indique le degré auquel on s'est arrêté : moins on trouve de degrés, plus le lait est riche en beurre.

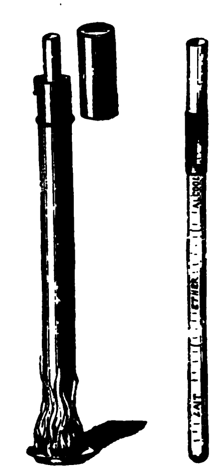
Avant d'accorder toute confiance à un lactoscope, il faut le comparer à un lactoscope connu ; on peut également le comparer avec le procédé Marchand, ou avec l'analyse faite par l'éther et l'alcool.

Lacto-butyromètre.—M. Marchand a proposé pour déterminer la proportion de beurre existant dans le lait un procédé très-simple qui est basé sur les principes suivants : 1° l'inaction de petites quantités d'alcali caustique sur les corps gras en présence du glucose, de la lactine ou du caséum; 2° la très-faible solubilité du beurre dans l'éther, même en présence de l'eau ; 3° la très-faible solubilité de ce corps gras dans une liqueur formée de volumes égaux d'éther, d'alcool et d'une solution aqueuse de lactine ou de caséum.

L'instrument se compose d'un tube de verre d'un calibre uniforme, fermé à sa base, et d'un diamètre intérieur de 10 à 11 millimètres; à sa base, il est divisé en trois parties de 10 centimètres cubes chacune : la troisième, la plus rapprochée de l'ouverture est partagée, pour les 3 ou 4 dixièmes supérieurs, en centièmes dont les divisions au nombre de 10 doivent se prolonger en outre au-dessus de la ligne de terminaison. Les deux dixièmes complémentaires sont destinés à la constatation précise des points d'affleurement du fluide dosable.

Pour se servir de l'instrument, on opère de la manière suivante :

On mélange exactement le lait, on en mesure dans une pipette 10 centimètres cubes, on les met dans l'instrument où il doit occuper l'espace jusqu'au trait L; on y ajoute une goutte de lessive des savonniers à 36°; on agite : on mesure alors 10 centimètres cubes d'éther dans une pipette et on le verse sur le lait; le mélange doit s'élever jusqu'au trait E; on ferme alors l'instrument avec un bouchon et on agite trois ou quatre fois. On ajoute alors 10 centimètres cubes d'alcool à 86°, préalablement mesuré dans une pipette, le liquide doit alors arriver jusqu'au trait A; on bouche et on agite de nouveau; on place alors l'instrument bouché dans une éprouvette en fer-blanc contenant de l'eau à 40° (et on maintient la température de l'eau en faisant brûler un peu d'alcool dans le réservoir placé à la base de l'éprouvette; on maintient l'instrument dans l'eau jusqu'à ce que la couche butyreuse n'augmente plus, alors on lit sur l'échelle le nombre de degrés occupés par la matière grasse, en ayant le soin d'opérer cette lecture de bas en haut et de s'arrêter au niveau inférieur du ménisque concave : le degré butyrométrique étant connu, on cherche sur les tables dressées dans ce but quelle est la quantité de beurre correspondant au nombre de degrés observés. D'ailleurs ceux-ci étant connus, on trouve la correspondance du beurre en multipliant le nombre de degrés par 2,33 et en ajoutant au produit 12,60.


Fig. 373.—Lacto-butyromètre de M. Marchand.

Enfin, on évite le calcul et le recours aux tables en se servant du lacto-butyromètre, modifié par M. Jules Salleron, qui porte à sa partie supérieure une alidade en cuivre graduée, qui indique la proportion de beurre pour 1,000 par la hauteur occupée sur l'alidade par la couche de beurre.

Un lait pur doit donner au moins 30 de beurre pour 1,000 de lait. Dans ces sortes d'essais, il faut avoir le soin d'employer toujours le même éther et le même alcool, de mesurer le liquide dans des pipettes et non dans l'instrument lui-même; enfin de ne pas ajouter au lait plus d'une goutte de lessive des savonniers.

Lacto-saccharimètre.—Le sucre de lait peut être dosé très-exactement au moyen du réactif cupropotassique : pour cela on opère sur le petit-lait qui doit donner au moins 50 millièmes de sucre

ıe, en ayant le soin de l'étendre, ainsi que le
.e d'eau distillée. Vingt centimètres cubes de
que étendus de leur volume d'eau et addi-
potasse sont placés dans un ballon à fond



plat; on chauffe pour porter à l'ébullition, puis on verse goutte à goutte soit le lait, soit le petit-lait, jusqu'à ce que la coloration bleue ait disparu et que la liqueur surnageant le précipité rougeâtre soit incolore; alors, par une simple règle de trois, on calcule la quantité de sucre contenue dans 1,000 grammes de lait, ce qui est facile, puisqu'on sait que 20 centimèt. cubes de liqueur cupropotassique titrée correspondent à 0,134 de lactine.

Le lait de vache doit contenir au
mètre. minimum 45 millièmes de lactine; la
réaction se fait mieux lorsqu'on opère
nt celui-ci de son volume d'eau; on évite
; usage de la burette de MM. Chevallier et
on trouve gravés sur le verre les chiffres
:ité de lactine contenue dans 1,000 de lait.
ɛvallier et Réveil ont publié une Notice sur
·éuni dans une petite caisse tous les instru-
ur ces essais.
r la lactine on opère sur le petit-lait, il faut
ırer celui-ci à froid par la méthode que nous

e exercée sur le lait, nous pourrions même
ɜ à soustraire la crème et à ajouter de l'eau;
tée par l'emploi de l'ensemble des moyens
ıire connaître; chacun d'eux employé isolé-
valeur, on ne pourrait donc pas juger de la
ɔar sa densité, ni par la détermination du
ɜ; de tous les éléments de ce liquide, c'est
le lait qui varie le moins; si on voulait se
ɛpérience, c'est celle de la détermination du
hoisir.

II.—BEURRES.

Nous avons dit comment on extrayait le beurre du lait lorsqu'on voulait le doser; mais pour la fabrication en grand on fait usage du *barattage*, et l'instrument dans lequel on pratique l'opération se nomme une *baratte* ou *serenne*.

La forme et la dimension de ces instruments varient à l'infini; la plus ancienne et aussi la plus répandue est formée une colonne creuse conique, en douves de bois liées par des cercles en fer, avec couvercle mobile percé d'un trou dans lequel passe le manche du *bat-beurre*, terminé inférieurement par un disque d'une dimension un peu moins grande que celle de la colonne et percé de plusieurs trous; tantôt on opère sur le lait non écrémé, tantôt sur la crème seulement; avec le lait on obtient plus de beurre, mais il est de moins bonne qualité.



Fig. 375. — Baratte ordinaire.

Dans les Vosges, les Alpes, le Jura, la baratte représente une grande meule à aiguiser, dans laquelle on fait mouvoir un moulinet à ailes. Dans les Pyrénées, c'est le plus souvent un baril cylindrique dans l'axe duquel on fait tourner également un moulinet à ailes; la petite baratte des ménages, dans laquelle on peut obtenir de 100 à 200 gr. de beurre, en opérant sur 3 à 5 litres de lait ou sur une quantité correspondante de crème, donne une idée exacte de la forme et de la disposition de cette baratte.



Fig. 376.—Baratte des ménages.

En Normandie et en Flandre, on se sert de barattes de la con-

tenance de 100 à 200 litres ; en Angleterre, on emploie une baratte à balançoire.

La chambre à beurre doit être située dans un lieu très-frais et être entretenue dans un état parfait de propreté; au milieu de la chambre se trouve une table en pierre légèrement inclinée, sur laquelle on travaille le beurre pour en exprimer tout le petit-lait qu'il contient; plus le beurre est privé de ce petit-lait et lavé à grande eau, mieux il se conserve; il faut donc qu'il soit fortement comprimé ; si on le destine à être conservé très-longtemps, on y ajoute du sel marin, et selon la proportion ajoutée on a les beurres salés et demi-salés (demi-sel).

Le beurre de la traite du matin est plus estimé ; il en est de même de celui qui est préparé en mai, août et septembre ; celui d'hiver est moins bon et se garde plus facilement. Le beurre fait dans la journée est plus abondant et meilleur que celui que l'on prépare plus tard.

Les beurres de qualité supérieure désignés sous le nom de *beurres d'Isigny* sont fabriqués dans les cantons de Bayeux, Travières, Isigny, Ryes et Ballersi. Là, deux ou trois fois par jour, les servantes vont traire les vaches (*trayages*) ; le lait est reçu dans des vases connus sous le nom de *cannes*, que l'on transporte à la ferme sur le dos d'un âne ou le plus souvent sur le dos d'un cheval qu'on appelle *troyen*.

Arrivé à la ferme, le lait est passé à travers un tamis dont la *passoire* est tenue très-propre. Cette opération se nomme *coulage* et le lait est reçu dans des vases de terre nommés *serènes* et maintenus à une température de 12 à 15 degrés. C'est dans ces vases que s'opère l'ascension de la crème, ce qui exige toujours un temps assez long : aussi est-il indispensable que ces vases soient entretenus très-propres ; pour cela on les frotte tous les jours avec des orties et on les fait bouillir avec de l'eau pendant une demi-heure ; après ce *nettoyage*, on fait sécher les *serènes* sur un feu de charbon modéré. Cette opération porte le nom de *grillage;* on doit bannir les vases en métal et surtout ceux de zinc qui sont généralement employés en Suisse et en Angleterre.

Les laiteries doivent être disposées au rez-de-chaussée, exposées au nord et à l'abri du vent du sud, les ouvertures de la chambre doivent être assez nombreuses pour pouvoir y établir des courants d'air ; d'ailleurs ces courants rafraîchissent la laiterie en été. On a aussi le soin d'arroser fréquemment, tandis qu'on la chauffe en hiver en allumant dans des fourneaux du charbon

de bois dont on a scrupuleusement rejeté les fumerons. Enfin les laiteries doivent être situées loin du voisinage des étables, des réserves de fumier, etc.

L'écremage se pratique vingt-quatre heures en été, quarante-huit heures en hiver, après avoir placé le lait dans les *serènes ;* on se sert d'un instrument en fer-blanc nommé *écrémoire*, la crème est déposée dans des vases et tenue dans un lieu frais ; d'ailleurs la préparation du beurre doit être effectuée le plus rapidement possible, car plus la crème est fraîche, plus le beurre est délicat.

Le beurre est fait en dehors de la laiterie et de l'appartement où la crème est exposée ; on le prépare généralement dans une troisième pièce nommée laiterie, qui est munie d'un robinet d'eau très-utile soit pour le lavage des vases, soit pour entretenir la fraîcheur de la laiterie, soit enfin pour le lavage du beurre.

Enfin, on procède au *barattage* au moyen des instruments de formes diverses que nous avons fait connaître : une des premières conditions de réussite réside dans la très-grande propreté des barattes ; il faut en outre opérer dans des lieux frais ; aussi pendant l'été bat-on le beurre à deux heures du matin ; il faut enfin que les mouvements ne soient pas trop rapides, car sans cela le beurre serait *brûlé*, c'est-à-dire sans cohésion.

Lorsque le *beurre est fait*, on enlève le lait et on lave à plusieurs reprises dans la baratte elle-même avec de l'eau très-fraîche ; on extrait le beurre que l'on plonge dans l'eau froide, puis on le pétrit en masses plus ou moins grosses. Quelquefois on le colore artificiellement et on le conditionne sous des formes très-variées.

Les beurres *en livre*, en pains allongés et ronds, et les *petits beurres* en mottes de formes diverses, viennent de différents pays ; les environs de Paris en fournissent de grandes quantités ; les beurres salés viennent de la Bretagne ; parmi ceux-ci, il faut citer celui de la Prévalais, que l'on expédie en petits pots de grès brun de 500 grammes. En 1804, la consommation du beurre à Paris était de 2,862,990 kilogrammes, c'est-à-dire 4 kilogrammes 77 centigrammes par tête et par an ; en 1853, ce chiffre est monté à 10,198,239 kilogrammes, soit 9 kilogrammes 68 centigrammes par tête et par an.

Le beurre rancit facilement ; la fonte à une douce chaleur, les lavages à l'eau ou à l'eau faiblement alcalinisée par le carbonate de soude le modifient alors avantageusement ; on le *dérancit* bien en y ajoutant un jaune d'œuf pour 2 à 3 kilogrammes.

Quant aux falsifications par la fécule, la pulpe de pommes de terre, etc., elles sont très-rares aujourd'hui.

III.—FROMAGES.

On désigne sous le nom de fromage la partie caséeuse du lait mêlée à la partie butyreuse, réduites à l'état de *coagulum*, tantôt spontanément, tantôt par ébullition, tantôt à froid au moyen de la *présure* ou des fleurs de chardonnette (*cynara cardunculus*).

Les fromages peuvent être divisés en *frais* et *salés*.

Parmi les fromages frais nous citerons le *caillé*, le *breuil*, les *jonchées*, le *fromage blanc*, le *fromage à la crème*, les *fromages à la pie*, le *neufchâtel;* les crèmes de *Blois*, de *Fontainebleau* sont très-renommées; nous ne pouvons entrer ici dans tous les détails de fabrication de ces fromages; ils sont d'ailleurs peu importants et consommés sur place.

Parmi les fromages mous et salés que l'on mange à Paris, nous devons citer le fromage de Brie et celui de Montlhéry, dont la consommation est considérable, puisqu'en 1857, le nombre de ces fromages vendus à Paris était, d'après M. Husson, de 1,121,987, pesant 2,593,511 kilogrammes.

Parmi les fromages des fabriques en France, nous signalerons le *gruyère*, le *roquefort*, le *fromage d'Auvergne*, le *septmoncels*, le *montdor*, le *sassenage*, le *camemberg*, le *Pont-l'Évêque*, le *fromage des Pyrénées* fait avec le lait de brebis, etc.

Le véritable *montdor* est fait avec le lait de chèvre, mais on l'imite aux environs de Méru (Oise).

Parmi les fromages étrangers, les plus répandus sont le hollande *pâte grasse*, le hollande *croûte rouge* ou tête-de-mort, le parmesan, le *chester*, remplacé souvent par un autre fromage anglais, le *stilton*, et le gruyère, préparé aux environs de Fribourg.

Enfin parmi les fromages inférieurs en qualité ou moins estimés, il faut citer les fromages de *Troyes*, de *Livarot*, d'*Olivet*, de *Gérardmer* ou *Géromé*, le *mâconnais*, le *compiègne*, le *marolle*, le *senectore*, le *rollot*, etc., etc.

La fabrication du fromage peut se résumer en peu de mots : on porte le lait à 30° environ; tantôt on opère sur le lait pur, tantôt sur du lait plus ou moins additionné de crème; on y ajoute la présure liquide [1]. Après une heure ou deux, la coagulation est

[1] La présure est la caillette des mammifères nouveau nés : on l'obtient

complète; on rompt le caillé en fragments, on passe à la mine ou à la presse et on laisse égoutter : quelquefois on échaude le fromage en le plongeant dans l'eau ou le petit-lait bouillant; ensuite on sale, soit au moyen du sel, soit en plongeant dans la saumure; quand la salaison est terminée, on lave la surface des fromages avec de l'eau ou du petit-lait bouillant et on les fait sécher. Les fromages secs sont ensuite portés à la cave pour y subir une espèce de fermentation.

On voit, d'après ce que nous venons de dire, que la préparation du fromage se compose des opérations suivantes : 1° coagulation de lait pur ou mélangé de crème; 2° division du caillé; 3° égouttage et pressage; 4° salaison; 5° fermentation ou maturation du fromage.

En employant du lait de divers animaux, en mélangeant ceux-ci dans des proportions variables, en ajoutant certains aromates ou certaines matières colorantes, en faisant varier les conditions de maturité ou de fermentation, on obtient une quarantaine de variétés de fromage qui peuvent être divisées en quatre catégories:

1re catégorie, fromages mous èt frais.
2e — — mous et salés.
3e — — à pâte ferme et pressée.
4e — — cuits, à pâte plus ou moins dure et pressée.

Le fromage de *Neufchâtel* se prépare en mélangeant le lait de la traite du matin avec la crème de la traite du soir; on met deux cuillerées à bouche de présure pour dix litres de lait: on dépose le caillé dans des moules percés de trous et garnis d'une toile fine, on retourne le fromage de temps en temps et on change les linges *toutes les heures*. Lorsqu'il peut être manié, on le coupe en petits cylindres de trois pouces de long sur deux de large et on l'enveloppe de papier mouillé.

Le *fromage de Brie* est le type des fromages mous salés; on opère le mélange comme précédemment, en opérant sur le lait chaud du matin, et, avec de l'eau, on porte le mélange à 36° environ; ensuite on malaxe en mettant une cuillerée de présure pour 12 litres de lait; quand le caillé est pris on l'agite dans le sérum,

liquide de la manière suivante : Estomacs ou caillettes de jeunes veaux (la totalité), 10; chlorure de sodium, 3; alcool à 80° (31° cent.), 1; eau, 10; on coupe les caillettes, on mêle au sel; après un mois de contact environ, on délaye dans l'eau et l'alcool.

on remplit les moules et on comprime avec force ; lorsque l'égouttage est complet, on change les linges et on presse; toutes les demi-heures, on change les linges et on répète l'opération jusqu'au soir.

Le soir, on frotte le fromage des deux côtés avec du sel fin et sec, on sale de nouveau le lendemain, et on laisse trois jours dans la saumure, puis on fait sécher en ayant soin de retourner et d'essuyer les fromages avec un linge propre.

Le fromage sec est soumis à *l'affinage;* pour cela on le place dans un tonneau défoncé sur un lit de menue paille, et on le recouvre de la même paille ; on superpose ainsi un grand nombre de fromages en finissant par la paille, et on maintient le tonneau dans un lieu frais, mais non humide. Lorsque la pâte se gonfle et fait crever la paille, c'est le signe d'un commencement de fermentation. Les fromages sont alors bons à manger.

La troisième catégorie de fromages comprend le *chester,* le *glocester*, le *norfolt*, le *stilton*, et le *fromage de Hollande* dont la consommation est considérable et dont on connaît quatre variétés : 1° l'*édam*, 2° le *stolkshe*, 3° le *leyde*, 4° le *graawshe.*

Les deux premières sont faites avec du lait non écrémé, la troisième avec du lait écrémé une fois, et la quatrième avec du lait écrémé deux fois.

Dans la quatrième catégorie, on trouve le fromage de *gruyère* et le *parmesan.* On fabrique trois espèces de gruyère : 1° le fromage gras se fait avec le lait non écrémé ; 2° le *mi-gras* se fabrique avec le lait à moitié écrémé, le *maigre* est préparé avec le lait écrémé. Toutefois, en Suisse, on fabrique un gruyère de qualité très-supérieure avec du lait pur auquel on ajoute la crème de la traite de la veille. On y ajoute la présure, et on agite pendant quinze ou vingt minutes jusqu'à coagulation complète, on laisse reposer, on sépare la pellicule qui surnage, on brise le caillé et on le réduit en pulpe à l'aide du *brassoir,* et on place la chaudière sur le foyer en brassant constamment jusqu'à ce que, dans l'espace de vingt minutes, la masse ait pris la température de 33° C. On retire la chaudière du feu et on brasse pendant un quart d'heure. Quand on a cessé de brasser, le fromage se dépose au fond de la chaudière sous la forme de gâteau que l'on met sur une toile. On laisse égoutter, et on soumet à la presse. C'est dans le pressage qu'est la base de la fabrication.

Le fromage pressé est transporté au magasin, où quelques heures après il est saupoudré de sel très-sec et en poudre très-

fine. On frotte le sel avec un torchon de laine. Le lendemain, on tourne le fromage, on le sale de la même manière, et on continue cette opération jusqu'à ce que le fromage cesse d'absorber du sel et que sa surface conserve une humidité surabondante. On fait alors sécher le fromage qui peut se conserver pendant dix, vingt et même trente ans, sans perdre ses bonnes qualités.

Le gruyère se fabrique en Suisse, dans le canton de Fribourg; en France, dans le Jura, les Vosges et l'Ain. On en fait également à la Villette, près Paris. Le développement de cette industrie, en Suisse, doit être attribué aux associations désignées sous le nom de *laiteries banales* ou *fruitières*.

Le fromage de Roquefort est préparé dans des caves dont la température est invariable; le *persillé*, c'est-à-dire les veines vertes qu'on y recherche y sont produites souvent, ainsi que dans le *sassenage*, avec de la *mie de pain;* mais on considère cette pratique comme une fraude; le persillé du septmoncel est produit par le charbon d'épicéa (*pineus picea*).

La croûte rouge du fromage de Hollande dit *tête-de-mort* est produite par le tournesol en drapeau, que l'on prépare dans un village de l'Hérault avec le *croton tinctorium* ou *maurelle*.

Les Anglais mettent dans quelques-uns de leurs fromages du vin de Malaga ou des Canaries.

Enfin les petits fromages connus sous les noms de *fromageons*, de *froumageots*, que l'on prépare aux environs de Montpellier et dans les Pyrénées, sont faits tantôt avec du lait de chèvre, tantôt avec celui de brebis.

L'étude chimique des fromages, entreprise par M. de Romanet, laisse encore beaucoup à désirer. On sait que pendant la fermentation il se forme des acides volatils de la série $C^{2n} H^{2n} O^{4}$, qui restent combinés à l'ammoniaque, et peut-être à des ammoniaques composées à radicaux alcooliques.

Un certain nombre d'insectes ou d'arachnides attaquent les fromages; parmi ceux-ci, nous citerons le ciron (*acurus ciro*), et parmi les premiers, les larves de la mouche vert-doré (*musca cæsar*), de la mouche commune (*musca domestica*), et de la mouche de la pourriture (*musca putris*).

Dr RÉVEIL.

MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

I.—DIVISION DES MATÉRIAUX.

Les matériaux usuels de la construction sont des pierres ou des briques, unies entre elles par du mortier. Les pierres, qui s'emploient à peu près telles qu'elles sortent de la carrière, constituent des matériaux naturels, tandis que les briques comme le mortier, ayant subi, avant l'emploi, des manipulations qui les ont transformés, constituent des matériaux artificiels.

Une autre division se reconnaît encore :

Dès qu'on voyage, on constate que les matériaux usuels, empruntés au sol, expriment la formation géologique sur laquelle on marche. A Paris, les maisons sont construites avec le calcaire grossier de la plaine de Montrouge ou de la vallée d'Oise. Les rues sont pavées avec les grès tertiaires de l'Yvette ou de Fontainebleau. A Londres, c'est l'argile plastique du bassin qui fournit la brique aux murs des maisons et des usines; sur la Loire, de charmantes habitations en pierre blanche ont leurs carrières dans le tuffeau de la Touraine, tandis qu'en Auvergne les pierres noires des édifices appartiennent aux basaltes et au tuf lithoïde, produits des éruptions volcaniques.

L'ordre des formations géologiques peut donc nous aider beaucoup dans la classification que nous cherchons.

Parmi les matériaux naturels nous distinguerons :

1° Les *roches silicatées*, dans lesquelles la silice est à l'état de combinaison, comme dans les granits, les porphyres, les basaltes, les ardoises et même les argiles ;

2° Les *roches quartzeuses*, dans lesquelles la silice est seule : ce sont les quartz, les grès, les silex, les meulières et les sables ;

3° Les *roches calcaires*, formées par la chaux carbonatée pure ou mélangée à l'argile ; ces roches abondantes, faciles à extraire, commodes à travailler, sont devenues les matériaux par excellence des constructions civiles ; nos monuments et nos habitations, dans le centre de la France, sont en calcaire.

Ce groupe épuisé, nous toucherons aux *Matériaux artificiels*, car c'est en cuisant la chaux carbonatée ou les marnes qu'on obtient

les chaux grasses, les chaux hydrauliques, les ciments; c'est aussi en passant au feu la chaux sulfatée qu'on produit le plâtre, dont l'ouvrier de Paris fait un habile usage.

Enfin, quand les marnes s'appauvrissant laissent prédominer l'argile, on obtient par la cuisson les pouzzolanes; et dès que la chaux a disparu, l'argile pétrie, moulée, séchée et mise au four, devient de la brique, de la tuile ou du carreau.

II.—MATÉRIAUX NATURELS.

ROCHES SILICATÉES.

Les roches les plus importantes, parmi celles qui renferment la silice à l'état de combinaison, sont feldspathiques, c'est-à-dire qu'elles ont pour élément principal le silicate double à base d'alumine et de potasse. Le granit et le porphyre viennent ici en première ligne.

Granit.—Le granit, assise de base des terrains primitifs, est un mélange de feldspath, de quartz et de mica, dans des proportions moyennes de 40, 35 et 15; mais comme cette espèce de magma n'a rien de fixe, comme les qualités de la pierre diffèrent suivant la proportion ou la grosseur des éléments, on ne peut indiquer que des points de rapprochement. A Paris, le granit de Normandie, employé au dallage, aux bordures de trottoirs et parfois aux soubassements, a de trop gros cristaux pour recevoir le poli, et trop de mica pour bien résister à l'écrasement; le granit d'Écosse, employé à Londres, présente au contraire un grain plus fin, plus égal et une résistance supérieure; il peut être employé aux soubassements, au pavage et au macadam.

En général, ces pierres qui ne se détruisent pas à l'air et qui résistent aux chocs conviennent aux ouvrages de sujétion du service public. Des murs d'écluse, des quais à la mer ne sont jamais mieux fait qu'en granit. L'extraction, d'ailleurs, faite toujours par la fente de blocs immenses, n'a pour limite d'appareil que les dimensions qui peuvent former un poids transportable : ainsi le monolithe de l'obélisque de la place de la Concorde constitue une masse de 12 mètres cubes pesant au moins 30,000 kilogrammes.

Porphyres.—Les porphyres, roches d'éruption, où les cristaux feldspathiques sont noyés dans une pâte également feldspathique, se font remarquer par leur dureté et aussi par leur belle coloration. Ils ont servi dans l'antiquité à faire des colonnes, des vases, des siéges de prix; aujourd'hui ils ne paraissent plus guère qu'en

avage; les grès de Quenaast (porphyre belge), durs, impénétrables à l'eau, séchant vite, mais ayant l'inconvénient de se polir sous le pied du cheval, sont utilement posés dans les rues étroites souvent sales et sur les parties de niveau.

Basaltes.—Les basaltes et le tuf lithoïde, roches volcaniques et noires où les silicates sont à base confuse de chaux, de magnésie, de fer et de manganèse, ne s'exportent guère du pays où on les rencontre : on a cependant amené pendant quelque temps, à Paris, des laves de Volvic, aujourd'hui remplacées par l'asphalte.

Des tufs, qui ont même origine, le traas de Hollande et les pouzzolanes d'Italie, tiennent une place plus importante; mélangés à la chaux grasse, ils donnaient autrefois d'excellents mortiers à la mer, auxquels on renonce pourtant aujourd'hui, parce que les chaux hydrauliques rendent plus rapidement le même service.

Ardoises.—Les terrains de transition fournissent en silicates d'alumine, presque purs, d'utiles matériaux; ce sont les ardoises, exploitées sur une très-grande échelle, soit à Angers au bord de la Loire, soit à Funay dans l'Ardenne. Ces schistes, colorés en bleu noir par le bitume, fissiles suivant les plans les plus minces, se taillent en écailles de toutes dimensions. L'ardoise, lentement altérable à l'air, impénétrable à la pluie, compose très-souvent la toiture des édifices français, où elle s'harmonise bien avec la pierre blanche ou la brique.

Argiles.—Les argiles appartiennent aux dépôts de toutes les époques et proviennent de la destruction des roches.

Quand elles sont dues à la décomposition du feldspath, elles sont blanches, très-pures, très-peu fusibles : elles conviennent à la fabrication des porcelaines.

Si on les prend aux étages supérieurs, jusqu'à l'argile plastique, on a des terres colorées en bleu noir par le bitume, souvent pures et encore peu fusibles; c'est l'argile figuline, qui sert pour la faïence, la poterie fine et les briques réfractaires employées dans la construction des fours.

Enfin les argiles plus modernes des terrains tertiaires et du diluvium sont d'ordinaire impures, ocreuses et par suite fusibles. Elles conviennent aux poteries communes et surtout aux briques : c'est le diluvium qui fournit la terre à briques presque partout.

ROCHES QUARTZEUSES.

Les roches quartzeuses représentent des états divers de l'acide silicique pur.

Quartzites.—Le quartz hyalin en cristaux blancs, et les quartzites, espèces de grès gris ou rouges, très-fortement agglomérés, se trouvent dans les terrains de transition ; ils donnent les meilleurs matériaux d'empierrement, résistant bien à la circulation et ne formant qu'une boue maigre.

Grès rouge et grès bigarré.—En s'élevant à l'étage des Vosges, on rencontre le grès rouge et le grès bigarré, qui représentent à peu près les seules pierres d'appareil qu'on puisse chercher dans cette classe. Mais aussi la supériorité leur appartient. Le grès bigarré du Wurtemberg, à raison de son inaltérabilité à l'air, de sa légèreté, de son aptitude à recevoir les sculptures les plus délicates, a été choisi par un congrès d'architectes pour les travaux d'achèvement de la cathédrale de Cologne. Le grès rouge participe un peu des mêmes qualités ; les cathédrales de Strasbourg et de Mayence, beaux types de l'architecture romane et ogivale, annoncent par leur âge et leur couleur le mérite de la pierre des Vosges.

Grès verts.—Les grès verts, lit inférieur de la craie, ne livrent guère que des assises de soubassement ou du moellon, que l'architecture militaire a utilisé souvent au moyen âge.

Grès bleus.—Dans les terrains tertiaires, les grès deviennent tendres et absorbants. Les roches de Fontainebleau ne sont parfois que du sable pur. Il faut les couches bleuâtres et plus compactes de la vallée de l'Yvette pour retrouver des matériaux de pavage résistant à la fatigue de la circulation dans Paris.

Dans le Nord, des grès provenant de blocs erratiques sont appliqués aux soubassements, rarement aux murs d'élévation ; ils ont le grave inconvénient d'attirer et de retenir l'humidité.

Silex.—Les silex de la craie, connus sous le nom de *galets* et de *pierres à fusil*, procurent au contraire d'excellents moellons, irrégulièrement arrondis, mais adhérant fortement au mortier par leurs affinités chimiques. On les emploie beaucoup au Havre, et dans les ports de la Manche, pour en former les massifs des murs de quai. On obtient ainsi avec le temps de véritables rochers qui résistent d'une pièce au choc des vagues.

Meulières.—On doit faire aussi grand cas des meulières, silex caverneux qu'on rencontre à l'étage tertiaire inférieur, dans les

terrains d'eau douce de la Brie ou de la Beauce; la meulière constitue le fond de toutes les constructions exécutées par les services publics à Paris. Elle est dure, légère, inaltérable; elle absorbe le mortier, se l'incorpore et en devient inséparable. Unie aux ciments, elle forme des bétons, qui permettent de mouler des galeries d'égout de 6 mètres d'ouverture, ou de jeter d'une pièce des voûtes de pont de 30, 35, 40, 45 mètres. Le béton de meulière et ciment est une sorte de fonte par la voie humide; il se prête à tous les moulages et ses applications grandissent chaque jour.

Sables.—Enfin, les sables qu'on ramasse en gros grains dans le lit des rivières, ou qu'on trouve par couches épaisses dans le sol, ont été des matériaux quartzeux, réduits en fragments dans le parcours qui a précédé leur dépôt. Le sable pur, le sable graveleux de la Seine, par exemple, est excellent comme élément de mélange avec la chaux des mortiers; sali par l'argile, comme dans les sols vaseux, ou par des coquilles comme sur le bord de la mer, il perd beaucoup de ses qualités, mais on peut les lui rendre en le lavant à grande eau.

ROCHES CALCAIRES.

Nous arrivons aux roches calcaires, les plus importantes et les plus utiles de toutes, non-seulement parce qu'elles livrent des pierres d'appareil et du moellon à la moitié de la France; mais parce qu'elles seules procurent la chaux, élément indispensable des mortiers. Il n'y a pas aujourd'hui de constructions possibles, ni même d'agriculture sans les calcaires. Heureusement la nature nous les a prodigués.

Calcaire carbonifère.—Dès le terrain houiller, on découvre des calcaires carbonifères exploités souvent comme marbres, parfois comme pierre à bâtir, mais plus encore comme pierre à chaux. La pierre de Soignies, employée à Bruxelles, et qui est d'un beau grain, ferme et bleu ardoisé, les marbres de Flandre ou de l'Ouest, les chaux agricoles qui ont transformé les landes de la Bretagne appartiennent à cet étage.

Calcaire oolithique.—Dans la formation jurassique, les carrières commencent à abonder. La grande oolithe fournit la pierre de Caen, jaunâtre, à petits grains qui rappellent des œufs de poisson. Médiocrement dure, mais résistant bien à l'air, elle a servi à bâtir les églises romanes de Guillaume le Conquérant; elle a mérité d'être transportée en Angleterre pour y former les assises de la

vieille abbaye de Westminster. La pierre de Bourgogne, qui vient à Paris sous le nom de pierre de Tonnerre et qui est demi-dure, se rattache au même degré de l'échelle et participe des mêmes caractères : elle résiste aux intempéries et ne se laisse pas pénétrer par la pluie. La partie supérieure de l'oolithe n'a guère de bon que la pierre de Portland, blanche, fine, susceptible d'une belle taille, et qui forme à Londres les escaliers et les constructions de choix : elle sert comme notre pierre de liais et en a l'apparence.

Craie, tuffeau.—L'étage de la craie présente des pierres tendres; on commence par le tuffeau, calcaire qui touche au grès et qui contient parfois jusqu'à 20 pour 100 de silice. Cette pierre, molle comme du fromage lorsqu'elle sort de la carrière, se taille alors et se sculpte au couteau; plus tard, après un an d'exposition à l'air, lorsqu'elle a perdu son eau, elle devient d'un blanc vif et d'une résistance suffisante pour des constructions particulières. La Touraine et la Saintonge sont les pays du tuffeau; l'exploitation s'y fait en grand; la Loire, la Charente et les chemins de fer en distribuent les produits, qu'on reconnaît à leur blancheur et à l'ornementation qui couvre à profusion les surfaces de taille. Les boulevards d'Angers montrent l'excellent parti que le sculpteur et l'architecte peuvent en tirer.

Craie blanche.—La craie blanche de Champagne ou de Normandie, quoique souvent friable, admet parfois des extractions à fort échantillon. Les immenses caves de M. Jacquesson, à Châlon, ont été ouvertes dans la masse, et les déblais sont devenus en grande partie des pierres d'appareil; sur la Seine, la pierre estimée de Vernon appartient à l'étage de la craie.

Calcaire grossier.—C'est en atteignant les terrains tertiaires et le calcaire grossier que l'on touche les carrières les plus anciennes et les plus riches, celles de l'Ile-de-France.

Trois assises composent l'étage :

1° L'assise inférieure, calcaire à nummulites, est puissante dans la vallée d'Oise, où elle fournit la pierre tendre de Saint-Leu;

2° L'assise moyenne, calcaire à miliolithes, s'étend sous Paris et dans l'Oise, où elle a fourni jusqu'ici les lambourdes et les vergelés, employés en élévation;

3° L'assise supérieure, calcaire à cérites, donne le cliquart, le liais, la roche, pierres dures de qualité supérieure employées en soubassements, en escaliers, en corniches, et exploitées encore en grand dans la plaine de Montrouge.

Tous les monuments du vieux Paris, depuis les Thermes de Julien jusqu'à la tour Saint-Jacques, ont été construits avec des pierres tirées aux portes mêmes de la ville, aux faubourgs Saint-Marcel et Saint-Jacques. La basilique de Philippe Auguste et de saint Louis n'a pas eu d'autres matériaux.

Les architectes de la Renaissance, en gardant l'excellente pierre dure de la plaine pour les soubassements et les corniches, introduisirent en élévation, au Louvre et à l'Hôtel de ville, la pierre tendre de l'Oise, la pierre de Saint-Leu, qui remplaça les assises de lambourdes, bancs de qualité inférieure du bassin de Paris. Les vergelés, autres pierres tendres, très-appréciés aujourd'hui, n'arrivèrent que plus tard. Sous Louis XV, les carrières s'étendirent encore. On alla à Conflans, vers Pontoise, chercher la pierre demi-dure, avec laquelle on bâtit le Garde-Meuble. Quelques années après, Perronet, créateur de l'École des ponts et chaussées, ouvrit les carrières de Taillancourt, dans le Vexin, et en tira les matériaux des ponts de Neuilly et de la Concorde.

A notre époque, les chemins de fer ont étendu le rayon d'approvisionnement de Paris. Les calcaires oolithiques de la Bourgogne ou de la Lorraine viennent en concurrence avec les pierres que la navigation amène des carrières tertiaires de l'Ile-de-France et du Vexin. Et pour trace de l'état ancien, il nous reste, sous les quartiers de la rive gauche, des catacombes incomplétement connues, dont les affaissements sont combattus par un service de surveillance spécial sorti de la pensée de Colbert.

Pierre de Château-Landon. — La dernière assise que l'on rencontre, et qui est d'origine lacustre, contient la belle pierre de Château-Landon, très-dure et pouvant prendre le poli. Ces carrières inépuisables sont encore une découverte de Perronet, qui les ouvrit pour la construction du pont de Nemours, sur le Loing.

Marbres. — La nomenclature des calcaires serait incomplète si l'on n'y rattachait celle des marbres. On sait que le marbre s'est produit par métamorphisme au contact des roches éruptives, traversant la masse des dépôts sédimentaires. Ainsi le marbre des Pyrénées est un calcaire de transition qui, enveloppant souvent les couches de houille, a subi plus qu'un autre l'action des feux souterrains; il est remarquable par la variété de ses vives couleurs. Les marbres de Sainte-Anne (Flandre), à teintes plus sombres, fort employés pour cheminées, ont aussi été colorés par la distillation des houilles.

Au métamorphisme du lias inférieur, on attribue la formation

du marbre de Carrare, qui, à raison de sa blancheur translucide et de la grandeur d'appareil de ses blocs, est devenu depuis le xve siècle le marbre statuaire. Le portor de Gênes, marbre noir à veines jaunes, a même origine. L'Apennin est presque partout une montagne de marbre statuaire, dont on ne connaît encore que les points accessibles à l'exploitation.

Le marbre de Paros, d'un blanc mat si pur qu'il laisse apercevoir la vie dans les chefs-d'œuvre de la sculpture antique, paraît se rattacher au calcaire à nummulites à l'étage inférieur du calcaire grossier.

Enfin, l'albâtre algérien, marbre à rubans jaunâtres sur fond blanc, qu'estimaient les prodigues de Rome et qui, retrouvé depuis plusieurs années dans notre Afrique française, a vivement frappé l'attention publique, appartient au calcaire lacustre et n'est peut-être qu'une modification de la pierre de Château-Landon.

Ainsi l'industrie, éclairée et guidée par la science, peut tirer un jour, de nos carrières de France, les matériaux splendides que la nature a accordés à l'Algérie, à l'Italie et à la Grèce.

III.—MATÉRIAUX ARTIFICIELS.

Les granits, les porphyres et même les grès fortement quartzeux n'éprouvent guère d'altération au feu. Il n'en est pas de même des calcaires.

CHAUX GRASSES ET HYDRAULIQUES.

Chaux grasse.—La chaux carbonatée, soumise dans le four à la température rouge, perd son eau d'hydratation, puis son acide carbonique. Si, dans cet état, elle se trouve en présence de l'eau, elle s'éteint et fuse, c'est-à-dire qu'elle reprend, en se gonflant et en dégageant une forte chaleur, l'eau qu'elle avait abandonnée par la cuisson. Qu'on roule en boule la pâte, qu'on l'expose alors à l'air libre et mieux à un courant d'acide carbonique : elle redevient carbonate, elle ressaisit tous les caractères de la pierre calcaire.

Chaux hydrauliques.—Les chaux ne se comportent pas toutes de la même manière : celle qui provient de la cuisson des marbres, et qui est parfaitement pure, fuse et foisonne presque au double de son volume : elle constitue la chaux grasse ; si elle résulte de la cuisson des calcaires marneux, dans lesquels la pu-

reté du carbonate est altérée par le mélange des argiles, elle fuse beaucoup moins et ne foisonne presque plus : elle devient une chaux maigre et développe alors des propriétés nouvelles.

Formons encore des boules, que nous n'exposerons plus seulement à l'air cette fois, mais que nous immergerons sous l'eau ; nous verrons avec surprise commencer un durcissement, qui, avec le temps, finira par une complète solidification. Quelques chaux, moyennement hydrauliques, font prise sous l'eau au bout de six à huit jours, et acquièrent au terme de six mois la consistance de la pierre tendre ; d'autres, éminemment hydrauliques, n'exigent pas quatre jours pour la prise, et au terme de six mois sont transformées en pierres dures faisant feu au briquet. D'autres enfin n'ont besoin que d'être gâchées, comme le plâtre, avec une quantité d'eau convenable, et aussitôt, comme le plâtre, elles se solidifient. Ce sont les ciments dits romains, de Vassy, de Boulogne, de Portland, si fréquemment appliqués aujourd'hui, soit pour ourdir, soit pour enduire.

Théorie des chaux hydrauliques.—Quelles causes régissent ces phénomènes, essentiels à connaître, dès que l'on construit sous l'eau ou à la mer? Comment déterminer *à priori* les calcaires, qui, transformés par la cuisson, deviendront non pas des chaux grasses, mais des chaux hydrauliques ou des ciments?

Voilà la théorie qui fait la juste célébrité du nom de Vicat : Quand on analyse des mortiers hydrauliques de provenance diverse, on les voit rentrer à peu près tous dans une combinaison à proportions définies ; celles d'un hydrosilicate de chaux représenté par la formule :

$$SiO^3 + 3CaO + 6HO.$$

Ainsi, tandis que la solidification de la chaux grasse à l'air libre n'est que la reproduction lente d'un carbonate détruit par la chaleur, la solidification sous l'eau est un fait plus complexe, qui exige d'abord la formation d'un silicate, puis son hydratation. La première combinaison, celle de la chaux avec l'argile, se prépare par la voie sèche dans la période assez rapide de la cuisson ; le complément des réactions et l'hydratation arrivent par la voie humide dans la longue période de l'immersion, et alors seulement le composé est stable.

On peut donc s'expliquer, par les proportions variables de chaux et d'argile renfermées dans les marnes, les différences d'action des chaux hydrauliques. La combinaison à proportions définies, l'hydrosilicate de chaux, doit toujours se produire.

Si donc la quantité d'argile est insuffisante ou mal préparée pour l'action chimique, une portion de la chaux sera expulsée en dehors du composé stable, à l'état de chaux grasse, et elle ne pourra durcir qu'en se carbonatant.

Si, au contraire, il y a des proportions exactes, si la cuisson et la pulvérisation ont parfaitement préparé les réactions, il suffira d'ajouter l'eau avant le gâchage, et la solidification sera instantanée ; c'est ce que nous montrent les ciments.

Enfin, quand l'argile prédomine à son tour, la combinaison n'est plus possible qu'en ajoutant la chaux vive qui manque au mélange ; c'est le cas des pouzzolanes, argiles calcaires, cuites par les feux souterrains, lorsqu'elles sont naturelles, et par des opérations directes, lorsqu'elles sont artificielles. Seulement, dans ce cas, la combinaison, au lieu d'être en partie formée par la voie sèche, a besoin de se produire presque tout entière par la voie humide dans la période d'immersion ; aussi le procédé devient-il très-long.

Aujourd'hui qu'on ne sait pas attendre, et que le temps a une valeur tout autre que dans l'antiquité, on préfère les mortiers à prise immédiate ; on délaisse les pouzzolanes pour leur substituer les chaux hydrauliques et surtout les ciments.

Ces résultats peuvent se présenter dans un tableau assez simple.

PROPORTIONS de chaux	PROPORTIONS d'argile	PRODUITS obtenus par la cuisson.	QUALITÉ des combinaisons.
100	»	Chaux grasse.	S'éteint en fusant et en foisonnant, durcit à l'air en se carbonatant.
90	10	Chaux maigre faiblement hydraulique.	S'éteint presque sans fuser. Fait prise en moins de 10 jours d'immersion, en 6 mois prend la consistance de la pierre, en arrivant peu à peu à la combinaison stable de l'hydrosilicate, mélangé de carbonate.
80	20	Chaux maigre moyennement hydraulique.	
70	30	Chaux maigre éminemment hydraulique.	
60	40	Ciment éminemment énergique.	Fait prise immédiate et se solidifie par le gâchage en arrivant presque instantanément à la combinaison stable de l'hydrosilicate pur.
50	50	Ciment moyennement énergique.	
40	60	Ciment faiblement énergique.	Idem.
30	70	Pouzzolane calcaire.	La prise sous l'eau n'a lieu que par l'addition de la chaux grasse en pâte. L'hydrosilicate ne se forme qu'après des métamorphoses répétées et beaucoup de temps.
20	80	Idem.	
10	90	Idem.	Dans la pouzzolane, l'énergie est en raison de la proportion d'argile.
»	100	Pouzzolane pure.	La pouzzolane pure est la meilleure.

La chaux du marbre est, comme nous l'avons dit, la chaux grasse par excellence, parce qu'elle est pure d'argile et d'oxydes métalliques. La craie fournit souvent aussi des chaux grasses.

On a aujourd'hui, presque partout, de bonne chaux hydraulique; ainsi on emploie à Paris la chaux des buttes Chaumont, fabriquée avec les marnes de gypse; sur la Loire, la chaux de Doué, tirée des calcaires de transition; à Marseille, la chaux du Theil. Toutes proviennent de calcaires renfermant de 10 à 20 d'argile et peuvent appartenir à tous les étages géologiques, car ici l'élément important est la proportion d'argile et l'homogénéité du mélange. Comme ciment, on connaît de réputation le ciment de Vassy, le ciment de Boulogne, de Portland, combinaisons de chaux magnésiennes dans lesquelles l'argile représente de 32 à 40 pour 100. Elles sont tirées de l'étage jurassique.

En fait de pouzzolanes, celle d'Italie, prise à Pouzzoles, qui lui a donné son nom, et le traas d'Andernach ou de Hollande sont restés le type de leurs catégories; ce sont des tufs volcaniques renfermant 70 pour 100 environ d'argile, grillés par les feux souterrains et en outre pulvérisés.

La composition des chaux et des ciments une fois déterminée par l'analyse, l'industrie s'est appliquée à reproduire par synthèse les meilleurs types. Ainsi la chaux hydraulique factice de Meudon, comme celle de Chartres, est un mélange de quatre parties de craie contre une partie d'argile. On la préfère aujourd'hui à la chaux naturelle de Senonches, qui eut d'abord de la réputation et qui l'a perdue par suite du défaut d'homogénéité des bancs.

Dans les ciments naturels, le type supérieur est, en France, le ciment de Vassy, fabriqué avec des marnes de l'oolithe; il contient :

Chaux magnésienne	60	100
Silice, alumine, oxyde de fer	40	

En Angleterre, la réputation appartient à un produit artificiel, le ciment de Portland, mélange de craie avec les vases argileuses de la Tamise. Il renferme :

Chaux	68	100
Silice, alumine, oxyde de fer	32	

On reconnaît ici qu'on est presque dans le groupe des chaux hydrauliques, aussi le ciment est-il à prise lente; après la solidification, il prend l'apparence et la couleur blanche des calcaires de Portland, ce qui lui a valu le nom qu'il porte.

Le succès du portland anglais, dans les travaux à la mer, a fait rechercher s'il n'y avait pas des calcaires marneux qui, présentant naturellement la même composition, offriraient au constructeur les mêmes qualités. Effectivement, dans le Pas-de-Calais, les argiles de Kimmridge ont fourni des bancs excellents et homogènes, et l'on fabrique aujourd'hui à Boulogne un portland naturel qui l'emporte sur le produit anglais et artificiel. Sa composition est :

Chaux	66	100
Argile	34	

Mortiers.—Les chaux et les pouzzolanes, introduites comme lien entre les pierres d'appareil ou de moellon, ne s'emploient pas pures; on les mélange presque toujours aux deux tiers avec du sable de rivière, dans le but d'empêcher le retrait, de ralentir

la prise, de développer le volume et de multiplier les contacts. D'ailleurs le sable, en raison de sa nature siliceuse, n'est pas sans action : il tend à s'unir à la chaux et à former avec elle la combinaison stable de l'hydrosilicate. Aussi les manipulations qui rendent les mélanges intimes, qui mettent le mieux et le plus longtemps en présence les éléments à réunir, sont-elles des conditions essentielles. Il n'y a de mortiers énergiques que ceux qui ont été broyés au manége, rebattus au rabot et abandonnés à une lente digestion. Ces précautions, écrites autrefois dans les cahiers de charges, qui exigeaient deux ans de préparation, expliquent les succès des anciens dans bien des circonstances où nous échouons aujourd'hui. Les anciens ont fait tous leurs travaux à la mer avec des pouzzolanes et des chaux grasses. Les Hollandais n'ont guère employé que le traas; mais les actions chimiques étaient préparées par des manipulations répétées et surtout par une longue digestion des mortiers.

On comprend dès lors pourquoi les maçonneries gagnent à vieillir; c'est que le temps intervient pour développer et parfaire les actions chimiques. Les vieux murs sont carbonatés jusqu'au milieu de leurs masses, les vieilles maçonneries des galets sont des rochers d'une pièce; car le mortier et le silex ne sont plus à la surface de contact qu'une seule et même combinaison.

PLATRE.

Le produit qui a servi d'enseignement pour les effets des ciments, le plâtre, est d'un emploi presque spécial au bassin de l'Ile-de-France. La chaux sulfatée ou gypse se rencontre surtout dans les marnes vertes qui couronnent les buttes du N. et du N.-E. de Paris, où elle semble former une lentille. Le gypse exposé à une température de 120° perd son eau d'hydratation, et, réduit en poudre, il devient le plâtre des maçons. Gâché avec une quantité d'eau variant de 33 à 50 pour 100, il se solidifie presque instantanément, propriété précieuse dont on tire parti pour tous les travaux d'urgence. Murs, voûtes de caves, moulages de corniches ou plafonds, enduits, scellements, tout se fait avec une facilité extrême; mais comme le plâtre est soluble dans l'eau, et qu'il est attaqué par la pluie, il n'a de durée véritable qu'à l'intérieur; à l'air, sa résistance est limitée.

Gâché avec de la colle de poisson et coloré par des oxydes métalliques, le plâtre devient le stuc, connu dès l'antiquité, et qui

sert à reproduire à l'intérieur les imitations plus ou moins parfaites des marbres naturels.

SILICATISATION.

On désigne sous ce nom une opération qui se propose pour but de durcir la surface des objets façonnés en pierre tendre, et qui est basée sur une observation faite par M. Kulhmann, en 1841. Ce chimiste a remarqué que lorsqu'on trempe dans une dissolution de silicate de potasse un fragment de craie molle ou même pulvérulente, celle-ci acquiert peu à peu une grande dureté qui se propage de la surface au centre, et qui souvent devient assez forte pour que le fragment de craie soit capable de rayer le marbre.

Partant de cette observation, M. Kulhmann a conseillé d'imprégner les objets façonnés en pierre tendre d'une solution de silicate alcalin, et préférablement de silicate de potasse. Peu à peu, ce sel modifie la nature des surfaces sous lesquelles il a pénétré; une décomposition entre le carbonate de chaux et lui semble se produire, et la pierre se trouve bientôt revêtue d'une couche de silicate de chaux dure et très-résistante.

La silicatisation a pénétré dans la pratique; elle a été expérimentée avec soin sur les statues du Louvre; M. Rochas l'applique régulièrement aux travaux de Notre-Dame de Paris, etc. Suivant ce dernier, l'opération doit être conduite de la manière suivante: Les parties à silicatiser sont d'abord lavées à l'eau, au moyen d'un jet lancé par une pompe foulante; lorsque les surfaces sont ainsi appropriées, on lance de la même manière la solution de silicate, et l'on répète deux fois cette aspersion.

M. Kulhmann a fait également des propriétés des silicates la base d'un nouveau procédé de peinture: celui-ci consiste à substituer, au mélange ordinaire d'essence de térébenthine et d'huile, un mélange de colle et de silicate de potasse; on ajoute au menstrue des couleurs choisies parmi celles que le silicate alcalin ne peut altérer. On obtient ainsi des peintures solides, économiques, et exemptes du défaut d'insalubrité que l'on peut reprocher à celles faites par l'essence de térébenthine.

IV. — PROCÉDÉS DE FABRICATION.

CHAUX GRASSES ET HYDRAULIQUES.

La chaux doit être employée à l'état caustique, et comme la

nature ne nous la présente pas ainsi, c'est une industrie spéciale, la *chaufournerie*, qui s'occupe de réduire par le feu les pierres calcaires et de les amener à l'état de chaux vive.

Théoriquement, la température du rouge cerise, passant au rouge blanc, suffirait, si l'on traitait des fragments qui ne dépasseraient pas la grosseur d'une noisette ; mais comme l'économie veut qu'on jette dans le four les éclats de roche, tels qu'ils sortent de la carrière, on ne surmonte la résistance des blocs qu'avec une chaleur qui dépasse la limite de la décomposition moléculaire. Il n'y a pas grand inconvénient, tant qu'on exploite des calcaires purs, mais aussitôt qu'on a affaire à des roches mélangées d'alumine ou d'oxydes métalliques, on court risque d'atteindre le point de vitrification ; et en même temps, là où la chaleur ne pénètre pas assez, restent des *incuits*, produits inertes, qui s'éteignent mal et dénaturent les effets de la chaux. On voit que la difficulté de cuire également les gros et les petits fragments est le grand écueil de la fabrication.

Les premiers fours qui servirent à la cuisson de la chaux furent les fours à potier, espèce de chambres quadrangulaires en briques, avec foyer par-dessous et cheminée par-dessus. On remplit

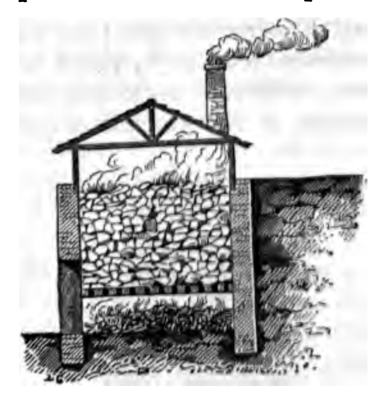


Fig. 377.—Four à chaux ordinaire.

le vide de la chambre en pierres qu'on range par ordre décroissant de hauteur. Les plus fortes doivent subir l'action vive de la flamme ; les plus petites céderont à une température moindre ; on charge le foyer avec des fagots, et l'on maintient le feu pendant vingt-quatre heures environ avant de laisser éteindre.

Ce que l'on appelle le four de campagne est quelque chose d'analogue : on forme un cylindre en briques et on le revêt d'ar-

gile pour éviter les déperditions de chaleur ; on dispose un foyer dans le bas et l'on cuit au bois comme dans l'exemple précédent.

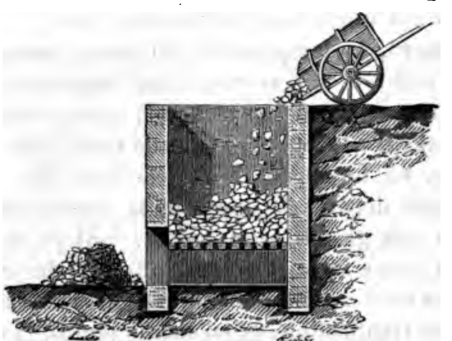


Fig. 378.—Four de campagne pour la cuisson de la chaux.

L'installation coûte peu ; elle s'emploie sur les travaux ou dans les champs, quand, à portée d'un ouvrage à exécuter ou d'un domaine à amender, on veut, avec la pierre et le bois qu'on trouve sur place, fabriquer une quantité modérée de chaux. On peut ainsi ne pas dépasser un prix de revient de 8 francs par mètre cube et obtenir des produits de bonne qualité.

Mais lorsqu'il s'agit d'opérer non plus pour un point isolé, mais pour l'approvisionnement d'un pays, quand la mise en charge doit durer une saison, on cherche des formes meilleures ; on organise un travail continu, et l'on emploie ce que l'on nomme les

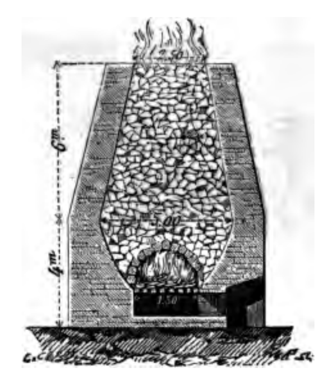


Fig. 379.—Four ovoïde pour la cuisson de la chaux.

fours coulants, qui consomment de la houille ou de l'anthracite ; le combustible est jeté pêle-mêle avec la pierre ; les couches mélangées descendent ensemble et lentement depuis le gueulard,

où commence la cuisson, jusqu'à la bouche du four où elle est terminée ; le produit coule pour ainsi dire par éclusées et sans interruption.

Remarquons que la forme qui doit le mieux utiliser la chaleur, c'est le cercle, qui nous présente le minimum de contour pour le maximum d'aire. La surface du four doit être une surface de révolution, et quant au profil générateur, il doit aller comme la flamme en s'épanouissant vers le tiers de la hauteur, et en se rétrécissant à mesure que la chaleur monte et perd de sa haute température. Le type général est, en effet, un système de deux troncs de cône à base commune et opposée. Si les formes sont essentielles à considérer, pour la bonne application de la chaleur, les mesures d'exploitation n'ont pas une moindre importance à l'égard de l'économie générale du travail. Ne faire qu'une mise en feu au commencement de la campagne et une extinction à la fin, introduire la continuité, c'est tirer le meilleur parti du matériel et du combustible.

On y parvient en construisant d'abord avec soin de grands fours ovoïdes, du modèle dont nous parlions tout à l'heure. On les charge d'abord jusqu'au milieu par des amas de fagots et de charbon, supportant des lits alternatifs de pierres et de charbon, sur 40 centimètres d'épaisseur moyenne. On met le feu et on le maintient pendant trente-six heures ; alors on commence à défourner, on s'arrête aux couches dont la réduction est incomplète et qui sont descendues à leur tour ; on nivelle à la gueule par de nouveaux lits qui comblent l'affaissement, et l'on continue le mouvement d'entrée par en haut, de sortie par en bas, sans jamais éteindre.

Les produits sont ici mélangés de cendres, et la chaux ne vaut pas celle des fours à cuisson périodique. Mais on arrive facilement à une fabrication journalière de 100 à 150 mètres qu'on livre, au prix de 6 à 8 francs, aux voitures qui chargent à la bouche même des fours.

C'est surtout pour les amendements agricoles que ces procédés rapides et puissants ont été utilisés. Dans la Mayenne, des fours gigantesques de 12 mètres de hauteur et de 12 mètres de plateforme sont appuyés par trois contre-forts sur l'escarpement de marbre où s'exploite la pierre. Souvent la mine d'anthracite qui sert à la combustion est directement en dessous comme par une prévoyance généreuse de la nature. La chaux, emportée en automne et au printemps par des milliers de voitures, a converti

en riches pâturages ou en terres à froment de premier ordre les

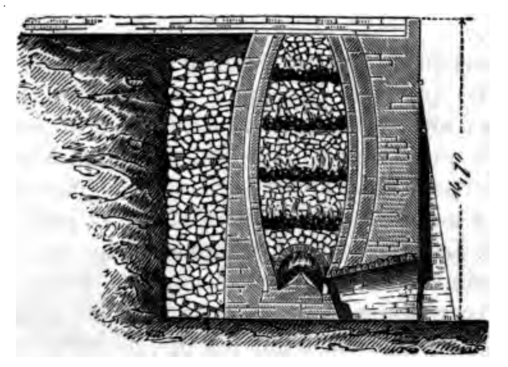


Fig. 380.— Four à chaux de la Mayenne.

argiles fortes qui, du temps des guerres de la Vendée, n'étaient que des landes désertes.



Fig. 381.— Four à chaux de la Mayenne.

Chaux hydraulique.—La cuisson des chaux hydrauliques naturelles est semblable à celle des chaux grasses; mais quand on veut les obtenir artificielles, la fabrication est plus compliquée; elle comprend alors toutes les manipulations des terres cuites. Ainsi, aux environs de Paris, à Bougival, où cette industrie a pris un grand développement, on extrait séparément la craie de Meu-

don et l'argile de la colline de Vanves, on les brise à la masse en fragments de la grosseur du poing, puis on les mélange dans les proportions de 4 à 1, et on les réduit en bouillie claire, en les faisant passer sous des meules verticales MM. Un filet d'eau R coule, en

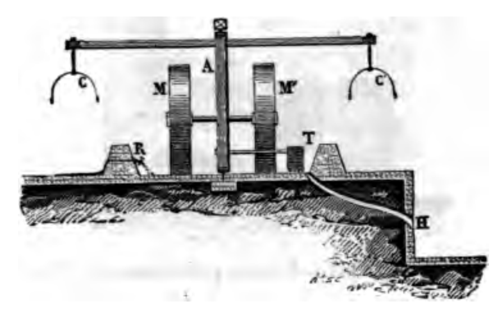


Fig. 382. — Mélange des matériaux à chaux hydraulique artificielle.

même temps que des herses T ramènent constamment la pâte sous les broyeurs. Quand le mélange est intime, on fait écouler vers des bassins de dépôt H. Là, on décante, soit en pompant directement l'eau, soit en la faisant écouler par la superficie. On reprend à la bêche la boue qui s'est amassée dans le fond, et on la livre au mouleur qui en façonne des briquettes comme s'il travaillait la terre à briques. On sèche à l'air libre, puis on cuit au bois dans un four conique. On fait dans un même jour plusieurs tirages, et l'on a soin de garder au feu ce qui n'a reçu encore qu'une cuisson incomplète. On arrive à établir des prix de revient qui ne dépassent pas 16 francs.

Ciments.—Pour les ciments naturels ou artificiels, les opérations qui précèdent sont complétées par la mouture, et l'on voit reparaître presque toutes les machines d'une minoterie ordinaire, les meules horizontales, les tamis et les blutoirs. Une dernière précaution après l'embarillage est de laisser les fûts ouverts dans un magasin où l'air soit un peu humide.. Il se fait par l'extinction lente une première hydratation favorable à la prise au jour d'emploi.

Pouzzolanes.—Pour imiter les pouzzolanes d'Italie ou le traas de Hollande, on prend les argiles les plus pures, on les grille dans un fourneau à réverbère en plaçant les matières sur la sole, en poussant le feu progressivement jusqu'à ce que la masse prenne un aspect de neige et avant qu'on n'atteigne le point de vitrifi-

cation. L'opération est difficile à conduire, et M. Vicat a proposé de faire la torréfaction en vases clos.

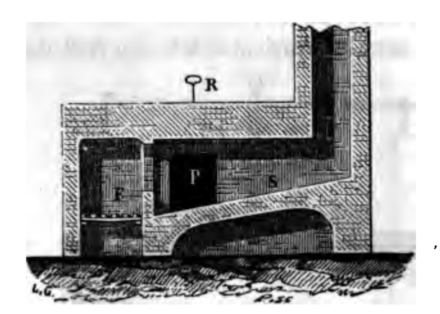


Fig. 383.—Four à pouzzolanes.

PLATRE.

Le plâtre se cuit comme la chaux. On retrouve les deux sortes de fours. Le plus employé, le petit four, est une chambre carrée qui peut contenir 100 mètres cubes de pierre environ ; on ménage des carneaux que l'on forme souvent avec la pierre elle-même et que l'on charge avec des bourrées. Le feu est maintenu pendant vingt-quatre heures. Au défournement succède le broyage, qui s'exécute par des meules verticales et qui est complété par le tamisage.

On trouve aux environs de Paris, à Vaujours, des usines fort

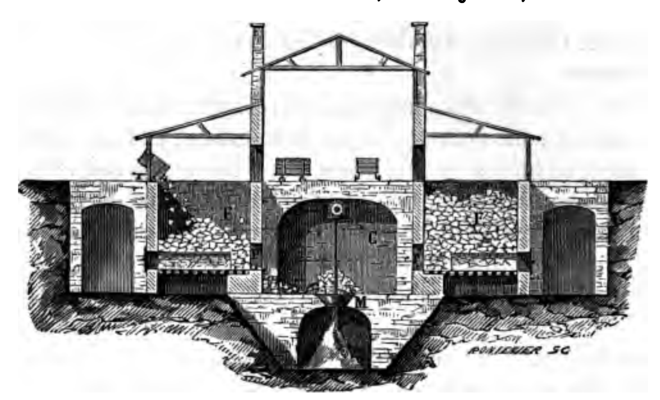


Fig. 384.—Usine de Vaujours pour la cuisson du plâtre.

bien montées. Le plâtre est apporté sur des chemins de fer par des wagons jusqu'à la plate-forme des fours. A l'étage inférieur

sont, d'un côté, les foyers répondant à des chambres de 100 mètres cubes FF; de l'autre, des portes qui servent à charger le bas du four ou à défourner après la cuisson. Quand le feu a duré vingt à vingt-quatre heures, on laisse éteindre; on tire les pierres cuites et on les jette à une sorte de moulin M, qui règne au niveau du premier dessous. Le moulin broie, et la farine tombe dans un deuxième dessous, où l'on peut soit mettre en sacs, soit livrer directement aux transports d'expédition.

La cuisson continue existe aussi, mais beaucoup moins répandue que pour la chaux. Le mélange des cendres de houille salit le plâtre et le rend moins propre aux enduits intérieurs. Le plâtre au bois garde, au contraire, sa blancheur. Quand on le veut d'une couleur irréprochable, on le cuit en creuset : c'est alors le plâtre des mouleurs et de la statuaire.

A ces notions, fort incomplètes sans doute, en raison de l'importance du sujet, nous joindrons un tableau utile à consulter dans la pratique, et fournissant, d'après M. le général Poncelet, les résistances que l'on doit attendre des pierres ou des briques soumises à des charges de travail.

TABLEAU DES CHARGES

Produisant l'écrasement des différents corps, par centimètre carré de section.

N^{os} d'ordre	DÉSIGNATION DES CORPS.	Densité	Charge
	PIERRES VOLCANIQUES, GRANITIQUES ET SILICEUSES.		
1	Basaltes de Suède et d'Auvergne	2.95	2000^{k}
2	Lave dure du Vésuve (piperno), près Pouzzoles	2.60	590
3	Lave tendre de Naples	1.97	230
4	Porphyre	2.87	2470
5	Granit vert des Vosges	2.85	620
6	Granit gris de Bretagne	2.74	650
7	Granit de Normandie	2.66	700
8	Granit gris des Vosges	2.64	420
9	Grès très-dur, blanc ou roussâtre	2.50	870
10	Grès tendre	2.49	4
11	Pierre pore ou puante (argileuse)	2.66	680
12	Pierre grise de Florence (argileuse à grain fin)	2.56	420
	PIERRES CALCAIRES.		
13	Marbre noir de Flandre	2.72	790
14	Marbre blanc veiné, statuaire et turquoise	2.69	310
15	Pierre noire de Fortunat, dure et coquilleuse	2.65	630
16	Roche de Châtillon, près Paris, dure et non coquilleuse	2.29	170

Nos d'ordre	DÉSIGNATION DES CORPS.	Densité	Charge
17	Liais de Bagneux, près Paris, très-dure à grain fin..	2.44	440
18	Roche d'Arcueil, près Paris..........................	2.30	280
19	Pierre de Saillancourt, près Pontoise. Première qual.	2.41	140
20	Idem..................... Deuxième qual.	2.10	90
21	Pierre ferme de Conflans, employée à Paris.......	2.07	90
22	Pierre tendre (lambourde et vergelé), résistant à l'eau..	1.82	60
23	Lambourde de qualité inférieure, résistant mal à l'eau..	1.56	20
24	Calcaire dur de Givry, près Paris..................	2.36	310
25	Calcaire tendre de Givry, près Paris..............	2.07	120
26	Calcaire jaune oolithique de Caumont, près Metz. Première qualité.	2.20	180
27	Idem.................... Deuxième qualité.	2.00	120
28	Calcaire jaune d'Armanvillers, près Metz. Première qualité..	2.00	120
29	Idem.... .... Deuxième qualité.	2.00	100
30	Roche vive de Taulmy, près Metz, non rompue....	2.55	300
31	Roche jaune de Rozerieulles, près Metz...........	2.40	180
32	Calcaire bleu à gryphite, donnant la chaux hydraulique de Metz..	2.60	300
	BRIQUES.		
33	Brique dure, très-cuite............................	1.56	150
34	Brique rouge..	2.17	60
35	Brique rouge pâle (probablement mal cuite).......	2.09	40
36	Brique de Nammersmith............................	»	70
37	Brique de Nammersmith (brûlée ou vitrifiée).......	»	100
	PLATRES ET MORTIERS.		
38	Plâtre gâché à l'eau................................	»	50
39	Plâtre gâché au lait de chaux......................	»	73
40	Mortier ordinaire en chaux et sable................	1.60	35
41	Mortier en ciment, ou en tuileau pilé.............	1.46	48
42	Mortier en grès pilé................................	1.68	29
43	Mortier en pouzzolane de Naples ou de Rome.......	1.46	37
44	Enduit d'une conserve antique près de Rome......	1.55	76
45	Enduit en ciment des démolitions de la Bastille.....	1.49	55
	EXPÉRIENCES DE M. VICAT SUR DES CUBES DE 1 CENTIMÈTRE DE CÔTÉ.		
46	Pierre calcaire, à tissu arénacé (sablonneuse)......	»	94
47	Pierre calcaire, à tissu oolithique (globuleuse).....	»	106
48	Pierre calcaire, à tissu compacte (lithographique)..	»	285
49	Brique crue, ou argile séchée à l'air libre..........	»	33
50	Plâtre ordinaire, gâché ferme......................	»	90
51	Plâtre ordinaire, gâché moins ferme..............	»	42
52	Mortier en chaux grasse et sable ordinaire, âgé de 14 ans..	»	19
53	Mortier en chaux hydraulique ordinaire...........	»	74
54	Mortier en chaux éminemment hydraulique........	»	144

MILLE.

THE NEW YORK PUBLIC LIBRARY
REFERENCE DEPARTMENT

This book is under no circumstances to be taken from the Building

form 410



